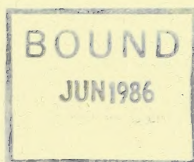


P.S. 285



285

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE
DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE
(BRUXELLES)

NEUVIÈME ANNÉE

TOME **IX**

FASCICULE I

PROCÈS-VERBAUX : feuilles 1, 2 et 3.

MÉMOIRES : feuilles 1, 2 et 3.

PLANCHE : 1.

1895

BRUXELLES
POLLEUNIS ET CEUTERICK, IMPRIMEURS
37, RUE DES URSULINES, 37

Avril 1895

1 MAY. 95
D.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE
DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE

(Procès-Verbaux des Séances et **Mémoires**)

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

(Procès-Verbaux des Séances et Mémoires)

TOME **IX**

ANNÉE 1895

BRUXELLES

POLLEUNIS ET CEUTERICK, IMPRIMEURS

37, RUE DES URSULINES, 37

1895-1896

27 FEB. 97
D.

PROCÈS-VERBAUX

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

TOME **IX**

ANNÉE 1895

BRUXELLES

POLLEUNIS ET CEUTERICK, IMPRIMEURS

37, RUE DES URSULINES, 37

Composition du Bureau et du Conseil

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

POUR L'EXERCICE 1895

Président :

M. L. Dollo.

Vice-Présidents :

MM. E. Dupont, A. Houzeau, A. Rutot, X. Stainier.

Secrétaire :

M. E. Van den Broeck.

Délégués du Conseil :

MM. F. Béclard, E. Cuvelier, V. Jacques, J. Willems.

Trésorier :

M. Th. Gilbert.

Bibliothécaire :

M. I. Nizet.

Membres du Conseil :

**MM. V. Dormal, Th. Gilbert, A. Hankar, Ch. Puttemans,
Cl. Van Bogaert, P. Vogelaere.**

Bureau de la Section d'Applications géologiques (Hydrologie, etc.)

Président :

M. G. Jottrand.

Vice-Présidents :

MM. Ch. Lahaye, A. Lancaster, E. Putzeys, Th. Verstraeten.

Secrétaire :

M. A. Rutot.

Adresse pour la correspondance et les envois de publications :

au **SECRÉTARIAT**, chez **M. Ernest Van den Broeck**,
39, PLACE DE L'INDUSTRIE, A BRUXELLES

Adresse pour les mandats-postaux et envois de cotisations :

à l'**ÉCONOMAT**, chez **M. le Dr Gilbert**, 20, AVENUE LOUISE,
A BRUXELLES.

PROCÈS-VERBAUX

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

A

BRUXELLES

Tome IX. — Année 1893

SÉANCE MENSUELLE DU 29 JANVIER 1895

Présidence de M. L. Dollo, Président.

En prenant place au fauteuil de la présidence, M. L. Dollo s'exprime comme suit :

MESSIEURS,

Au moment, où, pour la première fois, je prends place au fauteuil de la présidence, je tiens encore à vous remercier de l'honneur que vous m'avez fait en m'appelant à diriger les travaux de la Société.

Je tiens aussi, et surtout, à exprimer votre gratitude, et la mienne, à mon éminent prédécesseur.

Vous avez pu apprécier avec quelle expérience, avec quel esprit d'équité, il a conduit nos discussions.

Vous avez remarqué également le vif intérêt qu'il a pris à tous les ordres de recherches, pourtant si variés, dont les résultats vous ont été soumis.

Enfin, vous avez constaté, comme moi, qu'il a su maintenir la bonne et franche camaraderie qui relie tous nos membres, et qui contribue, pour une large part, à la vitalité, si grande, de notre Société.

Vous aurez à cœur de marquer, par vos applaudissements, que vous ne perdrez pas le souvenir des deux années qu'il a bien voulu nous consacrer (*Vifs applaudissements*).

Je regrette de n'avoir point à vous offrir d'aussi éminentes qualités.

Mais, en toutes circonstances, vous pouvez compter sur mon entière bonne volonté.

D'ailleurs, malgré des discussions parfois assez vives, l'entente est trop cordiale, et l'estime réciproque trop profonde, parmi nous, pour qu'il nous soit difficile de travailler ensemble à la prospérité de la Société.

Nous nous efforcerons, notamment, de commun accord, de lui conserver l'excellent renom qu'elle s'est acquis, par ses publications, en veillant, sans restreindre la libre discussion, à n'insérer dans le *Bulletin* que des communications véritablement scientifiques, sagement mûries, et de nature à nous faire honneur à tous.

Pour terminer, je me plais à reconnaître ici l'abnégation dont ont fait preuve nos dévoués Secrétaires, MM. Rutot et Van den Broeck, en renonçant à prendre la présidence de la Société. Ils étaient, évidemment, plus qualifiés que moi pour diriger vos débats, et auraient, certainement, l'un comme l'autre, réuni l'unanimité de vos suffrages. Mais ils ont pensé nous être plus utiles en restant à leur poste : nous ne saurions leur être trop reconnaissants de s'être ainsi sacrifiés dans l'intérêt de tous (*Applaudissements prolongés*).

Avant de donner la parole à M. le Secrétaire, c'est un agréable devoir pour moi, de présenter, au nom de l'Assemblée, les plus vives félicitations à M. le Capitaine du Génie Cuvelier, qui vient d'être promu Commandant, et à M. le Lieutenant d'Artillerie Hankar, qui devient Capitaine d'État-Major (*Applaudissements*).

Correspondance.

M. le Dr J. Cornet remercie pour sa présentation comme membre effectif de la Société et annonce qu'il présentera à celle-ci un travail développé sur les terrains anciens du Katanga.

Il s'excuse de ce que les circonstances ne lui aient pas permis de faire à la Société la conférence sur le Katanga qu'il avait espéré pouvoir faire.

M. Flammache demande de remettre à une séance ultérieure sa

communication annoncée sur la formation des grottes et des rivières souterraines.

Le Comité de la troisième session du Congrès international de Zoologie, qui doit avoir lieu en septembre 1895 à Leyde, fait un appel d'adhésion à l'œuvre, dont la réponse doit être adressée au Dr P. P. D. Hoek, au Helder.

Le Comité organisateur de la Fédération archéologique et historique de Belgique annonce que la Xe session aura lieu, du 5 au 9 avril, à Tournai, et réclame la présentation de questions à étudier par le Congrès. Toutes les communications doivent être adressées au Secrétaire général du Congrès, M. E. J. Soil, 45 rue Royale, à Tournai.

Le Comité d'organisation de l'Exposition Universelle de Bruxelles en 1897, fait connaître le programme général de l'entreprise et fait un chaleureux appel aux exposants.

MM. Cuvelier, Dormal, Vestraeten, Jacques, Houzeau, Hankar, Lancaster, remercient pour les nominations diverses dont ils ont été l'objet à la dernière Assemblée générale.

Communications du Bureau.

Sur la proposition de M. le Secrétaire, l'Assemblée décide unanimement d'adresser à M. le Colonel E. Hennequin, Directeur de l'Institut cartographique militaire, des remerciements et des félicitations pour le résultat brillant obtenu par cet établissement pour la confection de la *Carte pluviométrique de la Belgique*, dont une épreuve définitive, destinée au bon à tirer, a été récemment soumise à la Société.

M. le Secrétaire annonce que le Président, M. L. Dollo, donnera le 13 février prochain, dans l'auditoire de Physiologie de l'Université libre de Bruxelles, une conférence sur **La Vie dans les Grandes Profondeurs de l'Océan**.

Dons et envois reçus. (*Abstraction faite des Périodiques ordinaires.*)

1° De la part des auteurs :

- 1922 **Baratta (M.)**. *I terremoti di Calabria*. Extr. in-8°, 20 pages. Roma, 1895.
- 1923 **Bittner (A.)**. *Noch ein Worth über die Nothwendigkeit, den Terminus " norisch " für die Hallstätter Kalke aufrecht zu erhalten*. Extr. g^a in-8°, 8 pages. Wien, 1894.
- 1924 **Bleicher**. *Recherches sur la structure et le gisement du minerai de fer pisolitique de diverses provenances françaises et de la Lorraine en particulier*. Extr. in-8°, 10 pages, 1 pl. 1894.

- 1925 — *Contribution à l'étude des Bryozoaires et des Spongiaires de l'Oolithe inférieure (Bajocien et Bathonien) de Meurthe-et-Moselle*. Extr. in-8°, 14 pages et 3 pl.
- 1926 **Bleicher et Barthélemy**. *Les anciens glaciers des Vosges méridionales*. Extr. in-8°, 4 pages. Paris 1893.
- 1927 **Brögger (W.-C.)**. *Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes. I. Die Gesteine der Grorudit-Tinguait-Serie*. Extr. in-8°, 206 pages et 4 pl. Kristiania, 1894.
- 1928 **Cornet (J.)**. *La Géologie de l'Ogoué d'après une exploration de M. Maurice Barrat*. Extr. in-8°, 8 pages. Bruxelles, 1894.
- 1929 **Gosselet (J.)**. *Etude sur les variations du Spirifer Verneuili et sur quelques espèces voisines*.
Note additionnelle à propos du *Spirifer Orbelianus*. Extr. in-8°, 8 pages, Lille, 1894.
- 1930 — *Excursion de la Société géologique du Nord aux Sources de Bénifontaine, le 7 juin 1894*. Extr. in-8°, 7 pages. Lille, 1894.
- 1931 } **Gosselet**. *Quelques observations géologiques aux environs de Guiscard et de Sinceny*.
} **Gosselet et Cayeux**. *Note sur les couches tertiaires de la feuille d'Amiens*. Extr. in-8°, 30 pages. Lille, 1894.
- 1932 **Johnston-Lavis (Dr H.)**. *Report of the Committee, consisting of M. H. Bauerman, M. F. Rudler, M. J.-J.-H. Teall, and Dr H.-J. Johnston-Lavis appointed for the investigation of the Volcanic Phenomena of Vesuvius and its neighbourhood*. Extr. in-8°, 12 pages. London, 1889, de 9 pages, 1 pl.; id. un Extr. London, 1891, et id. un Extr. de 4 pages. London, 1894.
- 1933 — *Fifty Conclusions relating to the Eruptive Phenomena of Monte-Somma, Vesuvius and Volcanic Action in general*. Extr. in-8°, 12 pages. Naples, 1890.
- 1934 — *Notes on the Pipernoid Structure of Igneous Rocks*. Extr. in-8°, 4 pages. London, 1893.
- 1935 — *The Causes of Variation in the Composition of Igneous Rocks*. Extr. in-8°, 7 pages. London, 1894.
- 1936 — *The Basic Eruptive Rocks of Gran (Norway) and their Interpretation. — A Criticism*. Extr. in-8°, 3 pages. London, 1894.
- 1937 **Johnston-Lavis (H.-J.)**. and **Gregory (J.-W.)**. *Eozoonal Structure of the Ejected Blocks of Monte-Somma*. Extr. in-4°, 20 pages, 5 pl. Dublin, 1894.
- 1938 **Jones-T. Rupert**. *Dimorphism in the Miliolinæ and in other Foraminifera*. Extr. in-8°, 7 pages. London, 1894.

- 1939 **Matthew (G.-F.)**. *Post-Glacial Faults at St John, N. B.* Extr. in-8°, 3 pages et 1 pl. St John, 1894.
- 1940 **Mourlon (M.)**. *Le Service de la Carte géologique et les conséquences de sa réorganisation*. Extr. in-8°, 23 pages. Bruxelles, 1894.

2° Ouvrages nouveaux offerts en échange :

- 1941 *Club Alpin français*. Bulletin de la Section vosgienne, XIII^e année, n° 6, 1894. Nancy, 1894.
- 1942 *The Microscope*. Vol. 2, n° 1. Washington. 1894.

3° Les Périodiques d'échange antérieurement établi.

Élection de nouveaux membres.

Sont élus membres effectifs, par le vote unanime de l'Assemblée :

- MM. P. COGELS, au château de Boeckenberg, à Deurne, près Anvers.
J. CORNET, docteur en sciences, 11, rue Conscience, à Gand.
TH. GOFFINET, conducteur provincial, commissaire voyer, à Braine-l'Alleud.
L. NAVEZ, homme de lettres, 158, chaussée d'Haecht, à Bruxelles.

Communications des membres.

1° L. DOLLO. — **Dipneustes vivants et fossiles.**

L'auteur présente un tableau de l'état actuel de nos connaissances sur les Dipneustes vivants et fossiles.

A ce propos, il exprime des vues différentes de celles généralement reçues sur la phylogénie du groupe.

Il trouve aussi, en cette occasion, des exemples de la discontinuité et de l'irréversibilité de l'évolution.

L'auteur se réserve d'insérer aux *Mémoires* une note illustrée résumant ses idées.

— Accordé.

2° ED. PERGENS a envoyé la note suivante, dont l'insertion est ordonnée aux Procès-Verbaux :

NOTE

SUR L'IDENTIFICATION ET LA SÉPARATION DES ESPÈCES

DANS LE GROUPE DES BRYOZOAIRE

PAR

Ed. Pergens.

Dans les Bryozoaires les caractères qui peuvent servir de signes distinctifs, comme ceux qui permettent d'identifier certaines formes dissemblables à première vue, sont tirés tantôt de la colonie, tantôt de la zoécie, d'autres fois des organes accessoires : oécies, aviculaires, vibraculaires. Dans les colonies vivantes ce sera surtout l'anatomie, ainsi que l'embryologie, qui devra nous guider ; dans les espèces fossiles l'on ne pourra utiliser que le squelette ou l'empreinte.

L'on a déjà tant insisté sur les formes variables qu'affectent les colonies de certaines espèces, que je crois pouvoir les passer sous silence. Je rappellerai toutefois que le type du genre *Eschara* (*E. foliacea*, Ell. et Sol.) offre les formes rampante et libre, et qu'à cause de la première particularité on l'a placé parmi les *Lepralia*. En observant les lois de priorité, ce que l'on nomme aujourd'hui *Lepralia* devrait se nommer *Eschara*. Je rappellerai aussi que les *Entalophora* à l'état rampant sont des *Stomatopora* (*Proboscina*) ; je possède plusieurs colonies dans lesquelles l'*Ent. proboscidea* Edw. est à l'état rampant sur un assez long parcours, puis s'élève en vraie *Entalophora* ; j'ai observé également de rares colonies chez lesquelles cette même espèce avait, sur une partie de son zoarium, tous les orifices situés du même côté, caractère du genre *Filisparsa*. Si l'on trouve ces caractères réunis dans une même colonie, l'identification saute aux yeux ; mais il est souvent difficile de se prononcer pour l'identification ou la différenciation de ces formes en fragments isolés. C'est alors que l'on devra avoir recours aux caractères zoéciaux pour trancher la difficulté. Chez les Cheilostomes on examinera facilement si les aviculaires, les vibraculaires, les oécies à l'état de maturité ont les mêmes formes ; dans les Cyclostomes ces caractères font généralement défaut, car à l'exception des *Melicer-*

tina et du groupe intermédiaire des *Pergensia* et *Cisternifera*, récemment décrits par M. Walford, ils n'ont ni aviculaires, ni vibraculaires. Les oécies, à part les *Hornera* et quelques autres genres, ont un volume assez variable pour la même espèce, et comme forme elles se ressemblent beaucoup. C'est surtout des Cyclostomes que je m'occupe dans cet article; j'examinerai comment se comportent les diamètres zoéciaux en partant de la zoécie simple, pour arriver à des colonies composées de plusieurs zoécies identiques; ensuite je signalerai comment se comportent les cavités intersquelettiques dans les formes géantes et le moyen de les observer le plus facilement.

La longueur d'une zoécie est assez variable dans une même espèce de Cyclostome, par suite de leur groupement en colonie; aussi la variation est-elle plus forte dans les colonies à tiges épaisses et complexes que dans les tiges plus simples. Le diamètre zoécial transversal maximum offre plus de stabilité, quoique l'on verra aisément les causes de variation. Heureusement la partie terminale des zoécies est souvent libre; c'est là que l'on devra mesurer.

En prenant une zoécie à section transversale circulaire d'un millimètre de diamètre, et en la comprimant on peut obtenir facilement un diamètre transversal du double et de plus; cette compression s'observe dans les *Stomatopora* monosériées qui rampent; on la voit aussi dans les colonies en forme de tige lorsque deux zoécies sont juxtaposées; elles rampent alors l'une contre l'autre. La circonférence ne peut intervenir ici, car par suite de la compression elle augmente; c'est la superficie de la section transversale maximum qui peut servir à la comparaison. Si l'on prend huit zoécies d'un millimètre de diamètre et qu'on les dispose de façon à ce que toutes touchent l'axe de la colonie et la périphérie de la coupe elles auront ensemble une circonférence de $3,14 \text{ mm.} \times 8 = 25,12 \text{ mm.}$ En faisant la soustraction des 16 mm. non mesurables à l'extérieur chacune aura 1,14 mm. environ pour la mensuration extérieure. Si l'on prend les mêmes zoécies et que trois d'entre elles occupent l'axe colonial et les cinq autres la périphérie, ces dernières auront un diamètre extérieur de 1,82 mm. Seule la superficie n'a pas varié.

Les orifices zoéciaux ont aussi des dimensions fort rapprochées pour une même espèce. Les cavités intersquelettiques varient avec l'âge, et sur les coupes on voit ordinairement la forme en entonnoir à chaque extrémité, quand la colonie est âgée; la partie la plus large représente alors la cavité primitive. En général elles gardent des distances à peu près égales sur une même surface. Leur examen se fait facilement si l'on emploie un procédé inventé par Beissel et communiqué par

Ehrenberg à l'Académie de Berlin en 1859 (1). L'on place les colonies dans une solution ordinaire de silicate de potassium ou de sodium, que l'on porte à l'ébullition ; on y dissout de l'hydroxyde de silicium par petites portions jusqu'à consistance sirupeuse. On ôte les spécimens, on les immerge dans une solution diluée d'ammoniaque caustique, on les lave à l'eau et on les fait sécher ; puis on les chauffe fortement. Après refroidissement on recommence la série en les remplaçant dans le silicate ordinaire et on répète la même série de manipulations jusque trois fois. Après le dernier refroidissement on place les colonies dans une solution d'acide chlorhydrique diluée, qui dissout le squelette calcaireux de la colonie et qui laisse le moulage des parties que celui-ci n'occupait pas, c'est-à-dire le lumen des zoécies, les cavités intersquelettiques, pores, etc., de toute espèce. On lave à l'eau et l'on sèche. Mes observations m'ont permis de constater :

1^o Quand une zoécie s'allonge au delà de ses proportions habituelles, les cavités intersquelettiques gardent leurs distances réciproques et leur volume habituel.

2^o Quand la zoécie a pris des proportions exceptionnelles en circonférence (formes géantes, variétés luxuriantes) les cavités intersquelettiques se composent de deux façons différentes :

a) Elles participent au développement exagéré et sont proportionnellement plus volumineuses et plus distantes les unes des autres (*gigantisme proportionnel*).

b) Elles gardent le même volume et les mêmes distances et sont par conséquent plus nombreuses pour une même zoécie (*gigantisme non proportionnel*).

Ces deux manières de se comporter s'observent chez la même espèce ; la première a été rencontrée plus souvent que la seconde.

Avant de terminer j'attirerai encore l'attention sur le rapprochement des orifices zoéciaux d'une même lignée dans les parties épaisses et sur leur distance plus grande dans les formes grêles. Quoique chaque zoécie ait une limite idéale de longueur lors de l'éclosion du premier appareil digestif, cette longueur varie assez bien en réalité. Quand les zoécies sont disposées par petit nombre, c'est souvent vers le milieu de leur parcours que la série suivante prend naissance ; alors la moitié distale est visible. Quand le nombre des zoécies est double, il est naturel que le quart seulement pourra être vu, à moins de dispositions particulières. Celles-ci s'observent dans quelques colonies sous formes de canaux centraux extrêmement allongés, déjà observés par Hamm et

(1) *Monatsberichtd. Kgl. Preuss. Ak. d. Wissensch.* V. p. 685.

pour lesquels il fonda ses *Stigmatoporina*. Chez quelques espèces j'ai trouvé constamment ces canaux, chez d'autres seulement dans les parties très épaissies. En règle générale l'on peut conclure que *plus les tiges d'une espèce sont épaisses, plus les orifices zoéciaux d'une même lignée sont rapprochés; plus elles sont grêles, plus les orifices seront distants.*

En résumé on doit exécuter pour identifier les formes: 1° les mensurations des orifices et des cavités intersquelettiques, ainsi que de leurs distances; 2° le moulage et examiner l'accord ou le désaccord avec les lois du gigantisme proportionnel ou non proportionnel; 3° des coupes longitudinales et transversales, les premières permettant de connaître leur mode de naissance, les secondes de prendre la superficie des zoécies en section.

Malheureusement le nombre des colonies d'une même espèce n'est pas toujours suffisant pour permettre l'exécution de ces desiderata.

3° A. ERENS. **Observations sur l'Oligocène supérieur dans le Limbourg hollandais et en Belgique.** (Extrait d'une lettre à M. le Secrétaire Van den Broek.)

Après avoir étudié, aux environs de Cologne et de Bonn. les terrains à lignite, auxquels on attribue habituellement un âge aquitanien ou oligocène supérieur, j'ai commencé par examiner les extrémités et les limites moins typiques de ces mêmes formations lacustres. J'ai trouvé, notamment dans le Limbourg hollandais, tous les éléments qui constituent les couches aquitaniennes du Bas-Rhin: lignite, empreintes de feuilles, fruits, sables différemment colorés, glaise généralement verte, argile souvent fissile, grès blanc tout à fait analogue à celui de Tirlemont, bois fossile, poudingue blanc (composé de petits cailloux de quartz blanc), le tout surmonté en quelques endroits par un amas de cailloux arrondis de quartz blanc, parmi lesquels on trouve des cailloux bruns, bleus, etc., et des cailloux oolithiques. Ces formations de composition hétérogène ont couvert un jour tout le sud de notre province.

Aujourd'hui on les trouve surtout développées dans la vallée de la Worm, où leur véritable caractère est fort prononcé.

A mesure qu'on s'éloigne, dans la Province Rhénane, de la vallée comprise entre Bonn et Dusseldorf et, dans la province du Limbourg néerlandais, de la vallée qui traverse la Worm, les dépôts d'âge aquitanien deviennent de moins en moins typiques. Si l'on étudie ces formations de passage progressif, on observe qu'elles perdent graduellement leurs véritables caractères, ou n'en conservent qu'un petit nombre. Ainsi, aux environs d'Aix-la-Chapelle, le lignite se retrouve rarement.

Cependant, on a trouvé dans le grès de Nirm une quantité énorme d'empreintes végétales, parfaitement conservées, qui démontrent que les mêmes couches aquitaniennes, qui caractérisent les environs de Cologne, se poursuivent sur les hauts plateaux des environs d'Aix-la-Chapelle, et se prolongent dans le sud des Pays-Bas et en Belgique. J'ai suivi pas à pas l'extension du terrain. Ici je trouvais du lignite, du sidéro-lignite, du bois fossile ou autres restes végétaux, là je n'observais plus que de la glaise compacte ou de l'argile diversement colorées, en d'autres endroits je ne trouvais plus que des masses sableuses variables par la grosseur de leurs grains et leur couleurs, et souvent je ne découvrais que des blocs de poudingue ou de grès blancs ou encore des amas de cailloux arrondis de quartz, associés à quelques galets oolithiques.

Dans le sud de notre province on trouvera à peine une localité où l'on ne puisse observer ces mégalithes de grès blanc à surface parfois luisante, en forme de dalle, à facies détritique et parfois de dimensions gigantesques, qui représentent chez nous le remarquable phénomène de Fontainebleau. Souvent on remarque sur des buttes élevées ou dans des bois à proximité de ces grès, des lambeaux de sables à lignite, que j'ai pu retrouver même dans les environs de Fauquemont.

A partir de la vallée de la Worm, j'ai retrouvé le même terrain à Palenborg, Nuth, Spanbeek, Beek, Elsloo, d'où il se prolonge en Belgique. De l'autre côté, sur les hauts plateaux : à Lauremberg et Kohlscheid, Simpelveld, Galoppe, Reymerstok, Noorbeek (où un forage m'a signalé la présence de plusieurs couches de lignite et de sidéro-lignite) et à Slenaken jusqu'aux frontières belges. En Belgique j'ai observé encore une fois le même *lignite* à Op-Sinnig, dans le bois qui s'étend d'Opsinnig à Hombourg. A Opsinnig j'ai trouvé les mêmes blocs de grès, les mêmes poudingues, les mêmes cailloux oolithiques, le même sable différemment coloré de (noir à blanc) qu'on observe en Allemagne et dans le sud de notre province. Ensuite j'ai visité les pays de Herve et de Liège, et prolongé mes recherches jusqu'au sommet des Ardennes près de baraque Saint-Michel et jusqu'à Namur.

Partout j'ai trouvé le même sable, le même grès, le même poudingue (qui n'est ni d'âge landénien, ni d'âge tongrien, mais d'âge aquitaniien), la même argile ou la même glaise et enfin les mêmes dépôts de cailloux arrondis, parmi lesquels on en trouve qui sont composés de petits oolithes.

Il y a plus : tous ces dépôts arénacés, argileux et gréseux ne renferment *jamais* de traces marines. Au contraire : à Sinnig j'ai trouvé du

lignite ; à Hagelsteen et à Rocour on a trouvé du bois fossile ; à Hologne-aux-Pierres j'ai trouvé dans le grès des traces de plantes ; à Elheure, près de Romsée, M. le professeur Malaise a trouvé le même poudingue blanc si typique du terrain lignitifère du bassin de Cologne, rempli d'empreintes végétales ; à Strud, Héron, Lavoir, Moset, Libois, Clair-Chêne on a trouvé traces de plantes et à Andenne, M. Gilkinet a trouvé :

Lygodium Gaudini, Hr.
Cinnamomum polymorphum, Ung.
Sequoia Couttsiae, Hr.
Gardenia Wetzleri, etc.

Cinnamomum lanceolatum, Ung.
Cinnamomum Scheuchzeri, Hr.
Alnus Kefersteini, Göpp.

Toutes ces plantes se retrouvent en Allemagne *sur les frontières mêmes de notre Limbourg hollandais*, à Nirm. *Lygodium Gaudini* a été trouvée à Manosque et dans la vallée Rhénane.

Les *Cinnamomum lanceolatum*, *polymorphum* et *Scheuchzeri* sont fréquentes dans les lignites du bassin de Cologne : ce sont des types aquitaniens. *Sequoia Couttsiae* a été observée à Armissan, à Bonn, dans le Miocène inférieur de Coumi, à Sagor, à Manosque, etc.

L'*Alnus Kefersteini* et la *Gardenia Wetzleri* s'observent également dans le Siebengebirge, et la première à Sagor. Quant à la *Carpolithes Websteri*, elle n'a pas encore été trouvée dans le bassin lignitifère de Cologne. Cependant on ne doit pas s'en étonner. On observe en Allemagne, dans le bassin lacustre de Cologne, des endroits où l'on trouve une flore tout à fait exceptionnelle, qu'on ne retrouve plus ailleurs. Des 206 espèces de plantes fossiles, qu'on a découvertes à Rott, 72 sont spécifiques pour Rott et ne se retrouvent plus ailleurs. On a trouvé dans les Sept-Montagnes des endroits avec une flore tout à fait particulière. Ici c'est la même chose pour le *Carpolithes Websteri*. Je conteste donc que la flore d'Andenne soit du même âge que celle de Bovey-Tracey. Elle est d'âge du lignite du Bas-Rhin, avec laquelle elle est stratigraphiquement, palæophytologiquement et lithologiquement reliée.

Je conteste en second lieu que le sable de Rocour soit d'âge tongrien. Pour moi il est d'âge aquitaniens : il ne se distingue en rien du même sable de notre province. Observons toutefois que l'aspect extérieur des sables peut induire en erreur l'observateur le plus habile et le plus sérieux. Si cela est vrai en général pour tous les dépôts sablonneux, *a fortiori* cela est vrai pour les sables en question, qui se caractérisent par leur aspect et leur grosseur variés. Ce qui me fait croire que le sable de Rocour est d'âge aquitaniens et non d'âge tongrien, c'est la

trouvaille de bois fossile et l'absence absolue de restes marins ou fluvio-marins. Cependant il ne serait nullement en contradiction avec la thèse que je défends, si l'on parvenait un jour à trouver des fossiles tongriens dans les sables de Rocour : la mer tongrienne peut avoir envahi les environs de Liège et laissé ses vestiges avant l'époque aquitanienne.

En troisième lieu je dois faire une observation sur les couches sablonneuses d'Elsloo. Notons tout d'abord que l'amas caillouteux poudingiforme qu'on peut observer, le long de la Meuse, près d'Elsloo est une couche remaniée. Cette couche est fossilifère et l'examen des fossiles que j'ai pu examiner m'a donné la conviction que cette couche est une formation littorale, composée de fossiles empruntés aux dépôts sous-jacents rupéliens et aux couches supérieures aquitaniennes. Les sables verts sous-jacents, qu'on a considérés à tort comme du Diestien, ne sont autre chose que le sable vert du terrain à lignite rhénan, qu'on trouve habituellement à la base de cette formation. Ce sable à lignite se prolonge d'un côté vers Beek, Urmond (où le lignite se retrouve), Spaubeek et Schinnen, et de l'autre côté en Belgique jusqu'à Munsterbilsen, où l'on a trouvé une couche de lignite lors de la construction du chemin de fer.

On trouve à Elsloo et Geulle : loess, gravier quaternaire, sable vert aquitanien, couche fossilifère remaniée avec les fossiles dont je viens de parler, et Rupélien : argile avec :

Leda gracilis, Desh.
Nucula compta, v. Munst.
Cassidaria depressa, v. Buch.
Myliobates toliapicus, Ag.
Cytherea splendida, (?) Mér.

Chenopus speciosus, Schl. sp.
Corbula subpisum, d'Orb.
Dentalium Kickxi, (?) Nyst.
Chara sp. (?)...

Ce que j'ai trouvé à Elsloo et Geulle, M. Bosquet l'a trouvé à Humkove, endroit qui n'est pas fort éloigné de ces localités.

Des fossiles que je viens de citer les suivants s'observent également dans la couche remaniée d'Elsloo, qui longe la rive droite de la Meuse :

Leda gracilis.
Nucula compta.

Corbula subpisum.
Myliobatus toliapicus.

Si l'on s'avance dans la direction de Maestricht ou de Bunde, on trouve du Tongrien supérieur avec une énorme quantité de fossiles :

Cyrena semistriata, Desh.
Cerithium submargaritaceum, Brauw, Var. *Galeotti*.
Littorinella Draparnaudi, Nyst.
Corbula subpisum, d'Orb. etc. etc.

J'ai fait un forage aux environs de Bunde. Voici ce que j'ai trouvé : Tongrien supérieur, sable et argile avec nombreux fossiles) et, au-dessous, Tongrien inférieur.

De tout ce qui précède je dois conclure :

I. Que le grès blanc à radicules de plantes, passant d'une part au poudingue et d'autre part au quartzite, la glaise et l'argile à flore aquitanienne, les couches de lignite de Sinnich et d'Andenne, les amas de cailloux blancs et oolithiques sont autant d'éléments qui ne caractérisent qu'un seul terrain, celui de l'Aquitainien, et qui démontrent à l'évidence que les dépôts de la Haute-Belgique ne sont, pour la plupart, pas d'âge tongrien.

II. Que le manque absolu des Nipadites dans la glaise d'Andenne, la présence de poudingues blancs à Sinnich, Hombourg, près d'Aubel, et près de Baraque-St-Michel, la présence de sables variés en grosseur et en couleur, surmontés de galets arrondis de quartz et oolithiques, sont autant de caractères propres à l'Oligocène supérieur du Bas-Rhin, mais qui prouvent également que les dépôts en question ne sont nullement d'âge landenien.

III. Que les couches à lignite du bassin de Cologne se relient à celles du Limbourg hollandais et celles-ci aux mêmes formations de la Haute-Belgique, sans interstratification aucune d'un autre terrain.

IV. Que les monticules sableux qui bordent la vallée de la Meuse à Elsloo, Geulle et Bunde se composent de terrains tertiaires d'un âge d'autant plus ancien au fur et à mesure qu'on se dirige vers le sud, et que les fossiles qui se retrouvent dans la couche remaniée d'Elsloo doivent être rapportés à ces monticules de sables, dont l'âge est aquitainien, rupélien (fluvio-marin) et tongrien (fluvio-marin).

V. Que mes recherches sur l'Oligocène supérieur du sud du Limbourg hollandais concordent si peu avec celles de M. Staring, l'auteur du « Bodem van Nederland », qu'on peut dire que tout ce que cet auteur a écrit sur l'Oligocène supérieur de notre province est complètement erroné.

A la suite de cette communication, M. *Van den Broeck* se réjouit d'avoir provoqué de la part de M. *Erens* cet intéressant exposé, qui résume fort nettement la thèse présentée par l'auteur au Congrès d'Utrecht, en 1891, et qui nous fait connaître des faits très instructifs. Il compte toutefois relever quelques points de cette communication, relatifs au territoire belge, notamment à la région de Rocour, pour lesquels il ne saurait, non plus d'ailleurs que M. *Rutot*, admettre la manière de voir de M. *Erens* ; mais il remet ce soin à plus tard, lorsque d'autres

considérations critiques et contradictoires qu'il attend auront paru au sujet de sa dernière Étude synthétique sur l'Oligocène belge. En ce qui concerne le gîte fossilifère d'Elsloo, M. *Van den Broeck* constate avec plaisir que M. *Erens* le considère, ainsi que lui, comme représentant une sorte de *cordon littoral* avec *fossiles remaniés* de l'Oligocène moyen et de l'Oligocène supérieur, opinion dont M. *von Koenen* ne paraît pas encore avoir eu l'occasion de vérifier la parfaite exactitude, à en juger par une correspondance qu'a eue récemment M. *Van den Broeck* avec le savant spécialiste de Göttingue.

4^o M. le *Secrétaire* donne lecture du résumé fait à sa demande, par notre collègue M. R. *Storms*, d'un travail publié récemment (1) en anglais par M. CH. DAVISON, sur les « **Snow Drift Deposits** » ou accumulations éoliennes de la neige, résumé dont la publication est réclamée par l'Assemblée et qui figurera en Annexe au Procès-verbal de la présente séance.

A cette occasion, M. *Van den Broeck* rappelle ce qui a déjà été dit à la Société au sujet de l'origine du limon jaune, friable, homogène et non stratifié, qui recouvre, dans certaines parties de la Moyenne-Belgique, notamment dans la Hesbaye, le limon ancien stratifié, sableux à la base et dont la partie supérieure, argileuse et de coloration grise (à l'état de non altération), constitue le niveau ordinaire, dans nos parages, de *Helix hispida* et *Succinea oblonga*.

En Belgique c'est exclusivement ce limon inférieur, sableux et stratifié à la base, qui contient les ossements de Mammouth; de sorte qu'il y a là une divergence d'âge avec les dépôts décrits par M. *Davison*, d'autant plus que chez nous le limon supérieur homogène et friable, — le seul auquel puisse s'appliquer la thèse d'une origine éolienne, — ne renferme jamais d'organisme : ni ossements, ni coquilles terrestres.

D'après M. *Ed. Dupont*, le limon supérieur homogène, friable et non stratifié serait, en Belgique, le résultat d'une sorte de précipitation lente d'eaux limoneuses de grandes crues, d'inondations temporaires et aurait par conséquent la même origine, directement fluviale, que le limon stratifié, caillouteux et sableux à la base, argileux au sommet, qu'il recouvre et qu'au raient plus spécialement déposé les vives eaux du fond, des vallées quaternaires.

D'après MM. *Rutot* et *Van den Broeck*, le limon supérieur serait un remaniement éolien du limon fluvial quaternaire (2) et MM. *Cl. Reid*

(1) *Quarterly Journal of the Geological Society*. (August 1894, Vol. I, pp. 472-486.)

(2) E. VAN DEN BROECK. Note préliminaire sur l'origine probable du limon hes-

et J. Lorié, après avoir visité les plaines quaternaires de la Belgique, semblent du même avis, et c'est même M. Reid qui, le premier, a attiré l'attention de ses collègues de Belgique sur ce mode d'origine de nos limons friables et poussiéreux.

La thèse exposée par M. Davison a ceci d'intéressant, fait remarquer M. Van den Broeck, qu'elle seule rend compte du fait curieux que le facies éolien, ou du limon friable, homogène et non stratifié, se trouve géographiquement localisé entre la province sableuse du nord — que recouvre le sable de l'immense Plaine Baltique — et le Hainaut et le département du Nord, où le dit facies éolien semble manquer complètement. Cette localisation du facies éolien paraît donc nettement coïncider avec la bordure méridionale de l'extension glaciaire, c'est-à-dire avec la zone où devaient vraisemblablement s'accumuler les neiges qui constituaient une ceinture séparant la région froide, ou d'extension des glaces, de la plaine du sud, non atteinte par celles-ci.

Le travail de M. Davison constitue, dans ces conditions, un document précieux pour l'étude de la question de l'origine d'un des plus intéressants facies de nos limons et à ce titre, conclut M. Van den Broeck, il mérite amplement d'être compris dans nos « Traductions et Reproductions ».

L'Assemblée approuve cette proposition et remercie M. Storms des peines qu'il a bien voulu se donner pour traduire et résumer le mémoire de M. Davison, dont on trouvera l'analyse détaillée ci-après.

ON SNOW-DRIFT DEPOSITS

Sur les dépôts formés par les accumulations de neige, dues à l'action du vent (snow-drift) et leurs rapports avec l'origine du Loess et la conservation des restes du Mammouth

PAR

Charles Davison.

Introduction. — Le but de ce travail, comme le dit l'auteur dans l'introduction, est d'attirer l'attention sur l'existence de certains dépôts formés par les accumulations de neige, en ayant surtout en vue l'élucidation de deux problèmes géologiques : 1° la formation du loess;

bayen, ou limon non stratifié, homogène. (Bull. Soc. belge de Géol., de Paléont. et d'Hydrol., tome I P.-V. 1887, pp. 151-159.)

E. VAN DEN BROECK. *A propos de l'origine éolienne de certains limons quaternaires.* (Ibidem, tome II, 1888, P.-V., pp. 188-192.)

1895. P.-V.

2° la destruction du Mammouth et la conservation de ses restes. L'auteur s'occupe aussi de la formation de la glace *souterraine*, qui a été observée par Dall et d'autres sur les côtes septentrionales de l'Amérique et de l'Asie.

Quand la neige est chassée par un fort vent, elle est accompagnée, dans certaines conditions, par une quantité considérable de poussière. L'une et l'autre se déposent ensemble dans les endroits abrités, et lorsque la neige disparaît par fusion ou par évaporation, la poussière forme à sa surface une couche de boue, qui croît constamment en épaisseur au fur et à mesure que la neige disparaît. L'auteur maintient que 1° le *loess* doit son origine à des transports de neige semblables, qui se sont accumulés surtout lorsque le climat était plus froid, mais qui continuent encore à s'accroître, quoique très lentement; 2° que le Mammouth a péri par le froid ou qu'il a été étouffé dans des masses de drift neigeux et que ses restes ont été par la suite recouverts par des dépôts de drift qui, dans certains cas, ont acquis une épaisseur suffisante pour empêcher la fusion de la neige sous-jacente.

II. *Bibliographie.* — Ce paragraphe contient la liste des ouvrages dont l'auteur s'est servi pour son travail. Ce sont, pour la plupart, des relations de voyages d'explorateurs anglais ou américains, dans les régions arctiques.

III. *Observations sur les dépôts formés par le snow-drift.*

1. *Dépôts de snow-drift en Angleterre.* L'auteur décrit les observations qu'il a faites en Angleterre, sur le mode de formation et la nature des dépôts résultant de la fonte d'amas de neige accumulés par le vent, pendant des tempêtes accompagnées de basse température. Dans ces conditions, la neige, excessivement fine et sèche, contient généralement une certaine quantité de poussière. Celle-ci, lors de la disparition de la neige, se dépose en une couche de boue fine qui, si les accumulations de neige sont épaisses, peut atteindre jusqu'à un demi-pouce d'épaisseur.

2. *Dépôts formés par le snow-drift dans les régions arctiques.* Dans les régions arctiques les conditions sont très favorables à la formation des dépôts de *snow-drift*. Malheureusement, ces dépôts ne sont pas faits pour attirer l'attention des voyageurs, une des raisons étant que le sol, à partir d'un pied de profondeur, est solidement gelé. Mais, de même qu'en Angleterre, les derniers amas de *snow-drift* qui subsistent lors de la fonte sont colorés, de sorte que les voyageurs dans ces régions parlent de la neige noire et sale qui, au printemps, se trouve

au pied des falaises. Selon M^c Clure, la glace et la neige en décomposition ont une teinte jaunâtre, et, d'après Parry, on peut facilement reconnaître la neige qui est tombée pendant l'hiver précédent par sa couleur terne et son mélange avec le sol. La surface de la neige et des champs de glace est parfois noircie par la poussière, et des couches de boue se voient à l'intérieur des glaçons, quand leurs bords redressés sont exposés, ou bien quand des excavations sont faites dans la neige.

Le Dr J. Rae décrit comment la neige chassée par la tempête, qui, en général, l'accompagne ou la suit, détache des particules fines des roches, qui se mêlent à la neige et ne deviennent visibles que quand elle a disparu.

IV. *Formation des dépôts de snow-drift.*

1. *Formation du snow-drift.* La neige ne tombe en flocons que quand la température ne s'écarte pas beaucoup de celle de la fusion. Dans les latitudes élevées, surtout en hiver, les flocons sont inconnus et la neige consiste en aiguilles fines et dures, si ténues qu'elles passent à travers les fentes les plus étroites des portes et des fenêtres. Parfois d'innombrables aiguilles de glace remplissent l'air et font entendre un bruissement continu. Les objets paraissent de loin couverts d'un voile épais, ou revêtus d'un brouillard compact et la clarté du jour est réduite à une espèce de crépuscule sombre et jaunâtre. Mais même lorsque le ciel paraît tout à fait clair, ces cristaux ne cessent presque jamais de tomber et les parties dénudées du sommet des montagnes sont graduellement blanchies par cette précipitation invisible. Cette neige fine, aussi déliée qu'une poussière ou une poudre fine, recouvre le sol et, tant qu'elle n'est ni tassée par le vent ou encroûtée par l'action du soleil, elle se déplace avec une extrême facilité. A Pitlekay, dans le nord de la Sibérie, Nordenskiöld a observé un courant rapide et ininterrompu de neige chassée par le vent, et il a estimé que la quantité d'eau transportée ainsi à l'état solide devait être égale à la masse de l'eau dans les plus grands fleuves du globe.

Mais quelque important que soit le travail exécuté pendant ce transport incessant, il n'est pas comparable à celui effectué pendant les tempêtes et les ouragans des régions arctiques. Alors c'est en nappes que la neige est arrachée du sommet des montagnes et des endroits exposés par la violence du vent. Des colonnes tourbillonnantes de neige sont lancées en l'air à des centaines de pieds de hauteur, ou chassées en guirlandes comme des nuages de fumée s'élevant des montagnes. De grands nuages de neige balaient les pentes et s'élancent au-dessus des falaises en revêtant des formes fantastiques. En bas, là où le terrain

est plus uni, toute la masse de l'air est remplie de neige emportée par la force du vent, qu'aucun être humain ne pourrait braver ni même endurer pendant plusieurs heures. De telles tempêtes peuvent durer plusieurs jours, et quand elles finissent, les sommets des montagnes sont dénudés et les vallées et les ravins sont remplis d'une neige légère et moelleuse, tandis que de grands talus de neige, qui dureront pendant l'été suivant, se sont formés sous l'abri des falaises.

L'épaisseur des dépôts de neige formés de cette façon doit être très grande, mais on n'a pas de donnée exacte à ce sujet. Greely parle de talus hauts de 100 à 150 pieds.

2. *Origine et transport de la poussière.* Dans les régions arctiques, les endroits exposés sont rapidement dépouillés de leur couverture de neige, et c'est de ces endroits que proviennent les matériaux qui forment les *snow-drift*. Le sol fortement congelé peut être transformé en poussière de deux façons : 1° par évaporation de la glace qui remplit les interstices ; 2° par la friction des particules dures de la neige chassées par le vent.

Poussières dues à l'évaporation de la glace des interstices. L'évaporation a lieu aux plus basses températures des latitudes élevées. Un cube de glace, selon Payer, perdit un centième de son poids journalièrement, pendant le mois de mars. Une chemise, qui vient d'être lavée, exposée à l'air par un froid intense, se gèle et devient rigide, puis, l'eau s'évaporant, elle redevient souple. Cette évaporation se fait sans qu'il y ait trace d'humidité, de sorte que le sol dénudé devient sec et poussiéreux, ce qui s'observe aussi pendant les grands froids en Angleterre aussi bien que dans les régions arctiques.

Poussières dues à la friction des particules dures de la neige chassées par le vent. Aux très basses températures les particules fines de la neige deviennent excessivement dures. Frottées sur la peau du visage elles la coupent. Les traîneaux ne glissent plus sur une telle neige, mais se traînent péniblement comme si c'était sur une surface de sable ou de grès. Chassées par le vent ces particules dures agissent comme une soufflerie de sables corrodant des blocs de glace et de neige. Selon le Dr Rae elles détachent en menus fragments la terre et le sable du flanc des collines exposées au vent.

Transport de la poussière. Quelle qu'en soit la provenance, la poussière est emportée par le vent soit en même temps soit après la neige et elle est déposée aux mêmes endroits que celle-ci. Il paraît improbable que ce fait puisse être constaté directement à cause de l'extrême finesse de la poussière. Mais, différents observateurs mentionnent que du sable et même du gravier est parfois mêlé à la neige chassée par le

vent. Celui-ci peut soulever des nuages de poussière longtemps après que toute la neige a été enlevée des endroits exposés, et de vraies tempêtes de poussière ne sont pas inconnues dans la région arctique.

3. *Durcissement des snow-drift.* Tant que la neige reste à l'état incohérent et pulvérulent, les tas de neige accumulés dans la plaine changent constamment de position, comme de vraies dunes, et, dans ces conditions, les accumulations de *drift* n'ont guère plus de chance d'être conservées qu'aucun autre dépôt éolien non protégé, à moins qu'ils ne se forment dans les vallées ou les ravins abrités. Mais, généralement, la neige, grâce à la fusion superficielle et au regel, s'encroûte d'une couche de glace. Elle peut aussi être tassée par l'action du vent. La poussière est alors emprisonnée dans la neige durcie et le dépôt, formé de cette façon, tend à constituer une addition permanente au produit des années précédentes.

Neige durcie par l'action du soleil. Longtemps avant que la température de l'air n'ait atteint le point de fusion, la puissance du soleil, au milieu du jour, est suffisante pour agir sur la neige dont la surface est ainsi rendue molle et adhérente. Pendant la gelée suivante chaque cristal reçoit une fine couche de glace et la neige devient ainsi granuleuse.

A mesure que les grains s'accroissent, les interstices tendent à se remplir et la surface de la neige se revêt bientôt d'une couche de glace. L'eau provenant de la fonte s'infiltre au travers de cette couche par les pores capillaires, et rencontrant les couches plus froides, elle se regèle; ainsi toute la masse devient granuleuse. D'après des observations faites par Parr, pendant l'expédition de Markham, la texture granuleuse de la neige sous la croûte superficielle, devenait de plus en plus grossière avec la profondeur pour finir par se souder en une glace poreuse qui passait à une glace plus compacte, ne se distinguant guère de celle des glaçons sous-jacents, dont la couche superficielle paraissait d'ailleurs toujours avoir une origine semblable.

Neige durcie par l'action du vent. La neige exposée à l'action du vent est tassée et durcie; mais d'après les observations des explorateurs, il faut des tempêtes pour que cela se produise, sans quoi la neige reste pulvérulente, malgré les plus grands froids.

4° *Disparition de la neige par fusion et par évaporation.* Ce n'est que tard dans le printemps que le soleil commence à fondre la neige. Cette action du soleil est beaucoup facilitée par la présence, dans la neige, de poussière, de sable et de plantes microscopiques. Quand la terre noire ou la roche sous-jacente est partiellement découverte, la décomposition se fait plus rapidement. Les pluies et des vents

chauds, semblables au föhn, contribuent grandement à la disparition de la neige. Une fine couche de terre reste à la surface du *snow-drift* en décomposition, quoique les particules les plus fines puissent être entraînées plus bas par la pluie et l'eau de fusion. Tant qu'elle reste mince, cette couche assiste la fonte de la couche sous-jacente, et elle s'accroît en épaisseur par l'addition continuelle de particules à sa face inférieure. Mais une limite, qui dépend de la profondeur à laquelle peut pénétrer la chaleur de l'été, finit par être atteinte.

V. *Nature des dépôts formés par le snow-drift.*

1. *Finesse de la texture.* Les éléments de ces dépôts sont toujours excessivement fins; frottés entre les doigts, leur texture paraît plus fine que celle de la farine. Délayée dans l'eau, cette boue la colore pendant plusieurs jours.

Le vent chasse aussi des parties plus grossières, mais elles tombent bientôt et ce ne sont que les particules les plus fines qui restent en suspension dans l'air.

2. *Absence générale de stratification.* Quand la décomposition des *snow-drift* se fait lentement, il paraît presque évident que les dépôts qu'ils forment doivent être dépourvus de stratification, en l'absence d'une action, comme celle d'un cours d'eau, capable de les arranger d'une façon définie. Il est vrai pourtant que des poussières d'un grain plus grossier ou d'une nature différente pourraient être superposées par des changements dans la direction du vent et donneraient ainsi une apparence de stratification à leurs dépôts futurs. Mais la neige est déposée si irrégulièrement, son épaisseur est si variable et la rapidité avec laquelle elle fond dépend tant de l'épaisseur des couches de boue, et celles-ci peuvent être affectées de mouvements si différents pendant l'affaissement dû à la fonte de la neige, qu'il paraît assez peu probable qu'il puisse se former de stratification.

L'auteur décrit des expériences qu'il a faites en superposant des couches de neige dans lesquelles il avait mélangé, au préalable, différentes substances, et qui, après la fonte, présentaient une couche de substance sans traces de stratification.

Arrangement des paillettes de mica dans les dépôts du snow-drift.
— Comme dans le loess de Chine, les paillettes de mica dont l'auteur s'est servi dans l'expérience précédente n'étaient nullement déposées horizontalement, mais étaient, au contraire, inclinées dans tous les sens.

Stratification qui s'observe parfois dans les dépôts du snow-drift.
— De vrais dépôts de sédimentation aqueuse peuvent parfois se

former dans les flaques d'eau résultant de la fonte, par l'apport de boue provenant de la surface et charriée par la neige fondue.

Ces flaques d'eau doivent probablement leur origine à des dépôts de *snow-drift* qui commencent à se former, comme Pages l'a observé autour des vaisseaux; dans ce cas elles sont occasionnées par les cendres et autres déchets jetés sur la neige et qui, quoique peu épais, s'y enfoncent et tendent à la fondre.

Lors des fontes rapides aussi, l'eau se précipite au fond des vallées en torrents et la boue et le gravier sont étendus en nappes à la surface de la neige et de la glace. Mais, dans tous les cas, si les sédiments sont déposés sur une couche épaisse de neige, leur stratification risque d'être grandement altérée lors de la fusion de celle-ci.

VI. *Origine du loess.* — Dans ce paragraphe l'auteur applique les données qui précèdent à l'explication de l'origine du loess. Pendant la période glaciaire une grande partie de l'Europe n'était pas recouverte de glace. Dans les districts avoisinant le manteau de glace le climat devait être semblable quoique plus doux. Les hivers devaient être longs et les étés comparativement courts. Les premiers étaient caractérisés par de fortes tempêtes, des ouragans violents, et de grands transports de neige.

L'érosion glaciaire fournissait alors d'abondantes poussières. Pendant l'été la plus grande partie de la neige se serait fondue, excepté dans les endroits abrités. Les dépôts du *snow-drift* se formeraient surtout dans les vallées et auraient moins d'épaisseur sur les terres plus élevées et les plateaux. Chaque année, une nouvelle couche se déposerait et se confondrait graduellement avec celle des années précédentes, le tout recouvrant tant les terres élevées que les terres basses, bien que l'épaisseur serait plus grande dans les endroits plus abrités. Lors de l'adoucissement du climat et de la retraite du glacier, il y aurait eu une expansion graduelle des formations du *snow-drift*.

L'auteur fait remarquer la grande ressemblance de la théorie du *snow-drift* avec la théorie éolienne de von Richthofen et il cherche à démontrer que : 1^o La théorie du *snow-drift* s'accorde avec les caractères les plus importants du loess; 2^o qu'elle échappe à plusieurs objections qui ont été faites avec raison à la théorie éolienne.

La théorie du *snow-drift* donne, d'après l'auteur, une explication satisfaisante des particularités suivantes du loess : 1^o son indépendance de l'attitude au-dessus du niveau de la mer; 2^o son existence en nappes uniformes sur les plaines et les plateaux et la concavité de sa surface lorsqu'elle est développée entre deux crêtes; 3^o la structure et sa

composition homogènes ; 4° l'absence complète de stratification dans le loess véritable, et l'arrangement irrégulier des paillettes de mica qu'il contient ; 5° la présence de grains anguleux de quartz ; 6° l'inclusion de fragments anguleux dans le loess près du flanc des collines ; 7° la grande quantité d'ossements de mammifères ; 8° la présence de coquilles terrestres et la conservation des coquilles délicates ; 9° le caractère spécial de la faune, qui ressemble à celle des steppes des régions sub-arctiques, ou *Tundras*.

Suivant l'auteur les cinq premiers de ces caractères du loess, ainsi que le huitième, sont également bien explicables par les deux théories, mais les autres s'accordent mieux avec celle du *snow-drift*. Cette théorie répond, en effet, mieux à certaines objections qui ont été faites à la théorie éolienne. 1° C'est ainsi qu'elle explique mieux la fixation des éléments pulvérulents, qui sont d'abord durcis et entassés dans le drift neigeux par l'action du soleil et du vent, et puis conservés dans le sol gelé. 2° Elle s'accorde avec la distribution géographique du loess, car elle se présente comme une frange, qui recouvre en partie les dépôts glaciaires. 3° Elle n'exige aucuns changements du climat ou des conditions géographiques autres que ceux, qui, de l'opinion de tous, ont existé pendant la période glaciaire ; enfin elle ne réclame pas l'existence d'une étendue de terrain desséchée.

VII. *Conservation des restes de Mammouth.* — Selon plusieurs auteurs, le Mammouth aurait péri pendant des tempêtes accompagnées de grands froids. En cherchant à échapper à la violence du vent, il se serait réfugié dans les bois les plus proches ou, en leur absence, dans tout endroit abrité, ceux-là même où se faisaient les accumulations de drift. L'abondance des restes de ces animaux en certains endroits peut être dû à ce qu'ils ont toujours recherché les mêmes abris, mais surtout, d'après l'auteur, à ce que l'épaisseur de la couche de terre dans laquelle ils sont enfouis ne représente qu'une minime portion des masses de neige dans lesquelles ils ont péri.

VIII. *Origine et mode de formation de la glace souterraine.* — Les dépôts de glace souterraine consistent en couches alternantes de glace et d'argile, qui ont été décrites par plusieurs auteurs. Ces dépôts sont dûs, d'après M. Davison, à ce que, dans les latitudes élevées des quantités de *snow-drift* peuvent parfois subsister pendant l'été suivant. Le dépôt de boue formé à la surface protège la neige qui se trouve en dessous et qui a été rendue granuleuse par regel de l'eau d'infiltration. Si cela se renouvelle chaque année, une masse de glace sera formée, l'accumulation de chaque saison étant séparée par une couche mince

de terre ou d'argile. Mais, selon toute probabilité, les choses ne se passeront ainsi que rarement, et une année d'abondante accumulation de neige sera suivie par d'autres pendant lesquelles la neige disparaît assez complètement, et ainsi les dépôts de boue annuels se confondront en réalité. Actuellement, dans les régions arctiques le dégel de l'été ne pénètre que rarement à plus d'un pied de profondeur. Si donc, le dépôt annuel dépasse cette épaisseur, la neige qui se trouve en dessous ne fondra pas, à moins qu'il y ait un changement de climat.

SÉANCE MENSUELLE DU 19 FÉVRIER 1895

Présidence de M. A. Rutot, Vice-Président.

Correspondance.

M. le Président *L. Dollo* et M. *X. Stainier*, qui tous deux avaient des communications annoncées à l'ordre du jour de la séance, expriment leurs regrets de ne pouvoir se rendre à celle-ci, retenus qu'ils sont par leur état de santé.

Dons et envois reçus (*Abstraction faite des Périodiques ordinaires*).

1° De la part des auteurs :

- 1943 **Cornet (J.)**. *La Géologie de la partie Sud-Est du Bassin du Congo et les gisements métallifères du Katanga*. Extr. in-8°, 74 pages et 2 pl. Liège, 1894.
- 1944 **Lancaster (A.)**. *Les fortes pluies d'Octobre 1894*. Extr. in-8°, 12 pages, Bruxelles.
- 1945 — *Études climatologiques*. Extr. in-8°, 42 pages et 2 pl. Bruxelles, 1894.
- 1946 **Petella (G.)**. *Massaua ed Assab. Saggio di topo-idrografia e climatologia comparate*. Extr. g^d in-8°, 95 pages et 1 pl. Roma, 1894.
- 1947 **Petermann (A.)**. *Recherches de Chimie et de Physiologie appliquées à l'Agriculture*, t. II. 1 vol. in-8° de 456 pages et 7 pl. Bruxelles, Liège et Paris.

Élection de nouveaux membres.

Sont élus par le vote unanime de l'Assemblée :

1° En qualité de membre effectif :

M. Louis TIMMERHANS, Inspecteur-Général au Corps des Mines, 13 rue Nysten.

2° En qualité d'associé régnicole :

M. H. VAN DEN BOGAERDE, Ingénieur aux Chemins de fer de l'État, 15 rue Royale, à Bruxelles.

Communications du Bureau.

M. le *Président* annonce la mort d'un de nos membres honoraires les plus distingués et les plus sympathiques : M. le Marquis G. de Saporta, dont les nombreux et savants travaux de Paléontologie végétale sont bien connus de tout le monde.

En fait de matériaux belges étudiés et décrits par M. de Saporta M. le *Président* rappelle notamment sa monographie de la flore heer-sienne (éocène inférieur) de Gélinden, publiée dans les *Mémoires de l'Académie royale des Sciences de Belgique*.

M. de Saporta a également déterminé les fougères et autres végétaux du célèbre gisement de Bernissart.

Les captivants ouvrages de vulgarisation publiés par M. de Saporta ont fait pénétrer son nom et sa réputation jusqu'en dehors du public scientifique et lui ont attiré, de même que l'aménité de son caractère, les sympathies universelles.

Cette mort est une cruelle perte pour la Paléontologie végétale, dont les adeptes sont loin d'être légion, et la Société s'associera sans nul doute au deuil qui frappe à la fois la famille de notre regretté collègue et tous les amis de la science. (*Approbation.*)

Communications des membres.

1^o M. le Dr *Klement* fait une communication, dont l'impression est votée aux *Mémoires* et dont l'auteur fait parvenir le résumé suivant, destiné aux Procès-Verbaux.

M. KLEMENT présente un mémoire sur **l'Origine de la dolomie dans les formations sédimentaires**. L'auteur y développe les idées qu'il avait déjà émises dans sa communication préliminaire du 30 octobre dernier. Il étudie la réaction, trouvée par lui, entre le sulfate de magnésium et l'aragonite, et il arrive à la conclusion que cette réaction doit avoir contribué, sur une très vaste échelle, à la formation des roches dolomitiques. Ces roches se sont formées, d'après l'auteur, par l'action de l'eau de mer, concentrée dans des bassins fermés et surchauffée par les rayons solaires, sur l'aragonite déposée par les organismes.

2^o M. F. BÉCLARD présente pour les *Mémoires*, un volumineux travail avec planches sur **les Spirifères du Coblentzien**.

Ayant été frappé, en consultant la bibliographie de ce groupe, du grand nombre d'espèces que les auteurs sont parvenus à y distinguer,

il constate, en étudiant les limites de variation dont une forme est susceptible, que cette épaisse série de couches de notre Devonien inférieur ne renferme, au contraire, qu'un petit nombre d'espèces fondamentales, à *caractères constants*, qui sont décrites et figurées par lui d'après les spécimens recueillis dans le pays.

Ce travail comprend également une critique de la littérature, avec le figuré des types synonymiques qui ont prêté à confusion.

L'Assemblée, après avoir entendu le résumé de M. Béclard et examiné ses planches, vote l'impression du travail aux *Mémoires* avec les planches qui l'accompagnent, sous réserve de l'assentiment du Bureau, auquel seront soumis les devis des planches, qui paraissent devoir exiger des frais très considérables.

MM. Dupont, Rutot et Van den Broeck font valoir les raisons diverses et multiples pour lesquelles ces frais extraordinaires ne doivent pas effrayer le Bureau, étant donné l'importance et la portée générale du travail de M. Béclard, qui représente une synthèse de coordination systématique faisant la lumière dans le chaos d'une nomenclature et d'une synonymie des plus embrouillées; synthèse que pouvait seule permettre l'étude détaillée des nombreux matériaux de la faune devonienne inférieure réunis au Musée d'Histoire Naturelle, depuis les travaux de l'ancien service de la Carte et dont M. Béclard a été mis à même de profiter pour son travail d'épuration et de détermination systématique.

3° M. A. Rutot fait une communication sur la faune de l'Aachenien, dont il a envoyé la rédaction suivante :

A. RUTOT. — Sur la faune de l'Aachenien.

M. Rutot donne quelques détails sur la constitution stratigraphique de l'Aachenien tel qu'il doit être compris de nos jours, c'est-à-dire à l'exclusion des dépôts du Hainaut, compris autrefois dans l'Aachenien et qui sont actuellement déterminés comme Wealdien.

L'orateur montre que c'est notre confrère M. Purves qui a, définitivement, fixé l'âge sénonien inférieur de l'Aachenien.

Ce qu'on sait de plus complet sur la faune aachenienne est dû à M. Holzapfel, qui a si bien étudié la faune des terrains crétacés des environs d'Aix-la-Chapelle.

La révision des fossiles crétacés du Musée de Bruxelles n'a guère modifié ce que l'on sait; toutefois, M. Rutot a reconnu que plusieurs espèces citées comme propres à l'Aachenien ont été retrouvées par lui dans le Hervien belge.

Un point qui reste obscur, c'est l'âge exact des couches vertes de Loncée, qui ne renferment que *Bellemnitella quadrata*, non associée à *B. mucronata*, ainsi que cela existe toujours dans le Hervien.

De nouvelles recherches faites à Loncée démontreront peut-être que ces couches devront se ranger dans l'Aachénien et non dans le Hervien ainsi qu'on l'a fait jusqu'ici.

A. RUTOT. — Essai de synchronisme entre les couches maastrichtiennes et sénoniennes du Bassin de Mons et de celui du Limbourg.

M. Rutot résume un travail dans lequel il étudie la question du synchronisme des couches du Crétacé supérieur au travers de la Belgique.

L'auteur entreprend la recherche de ce synchronisme à l'aide de cinq coupes résumant la géologie de cinq régions successives qui sont : Bassin de Mons, Bassin de la Petite Geete et de la Méhaigne ; Bassin du Geer ; Bassin de la rive gauche de la Meuse (Maastricht) et Bassin de la rive droite de la Meuse.

Les deux bassins extrêmes, les plus dissemblables, sont ainsi réunis par trois échelons entre lesquels les différences sont moindres et les synchronismes plus faciles à établir.

De cette manière on arrive à conclure :

1° Que le *Tufeau de St-Symphorien*, avec son poudingue de base (Poudingue de la Malogne) est l'équivalent de la base du *Maastrichtien* du Limbourg.

2° Que la *Craie brune phosphatée de Ciply* est l'équivalent du *Calcaire de Kunraad*.

3° Que la *Craie de Spiennes* équivaut à la *Craie blanche à silex noirs* du Limbourg.

4° Que la *Craie de Nouvelles* du Hainaut est de même âge que la *Craie marneuse sans silex* du Limbourg.

5° Que la *Craie d'Obourg* équivaut à la *Craie marneuse glauconifère* du Limbourg.

6° Que la *Craie de Trivières* du Hainaut correspond à la *smectique de Herve* et aux *sables de Vaals*.

7° Que la *Craie de St-Vaast* équivaut à l'ensemble des *sables et des argiles d'Aix-la-Chapelle*.

L'auteur appuie ses conclusions des preuves paléontologiques qui sont à sa disposition ; il espère pouvoir annexer à son travail un certain nombre de listes de fossiles mises au courant de l'état actuel de la science.

F. SACCO. Les Rapports géotectoniques entre les Alpes et les Apennins.

Sous ce titre l'auteur a exposé des vues nouvelles dont l'Assemblée vote l'impression aux *Mémoires*, après audition du Résumé suivant :

L'auteur se pose la question de la distinction entre les Alpes et les Apennins. Généralement on fait de l'Apennin septentrional une continuation directe des Alpes et en conséquence la limite de deux régions est incertaine et conventionnelle. M. Sacco au contraire croit que les Alpes, au sud de la Ligurie, continuent sous la mer, et vont rejoindre les Iles archaïques de la Tyrrhénide. envoyant aussi, des Alpes Maritimes, une branche qui se dirige vers l'ouest, constituant la Chaîne des Maures et, plus loin, les Pyrénées.

L'Apennin serait essentiellement une ride parallèle à la zone archaïque liguro tyrrhénienne, ride qui se continue vers le N.-O. et vient se terminer dans les collines de Turin.

Par conséquent, les Alpes sont naturellement distinctes des Apennins dans la dépression génoise des Giovi, qui constituent ainsi la démarcation rationnelle des deux chaînes.

SÉANCE MENSUELLE DU 26 MARS 1895.

Présidence de M. L. Dollo, Président.

En ouvrant la séance M. le *Président* annonce pour le 3 avril une séance de projections qui sera donnée par notre collègue M. A. Rutot et ayant pour sujet : LA MER, ses côtes, ses aspects, sa poésie. Un certain nombre des clichés qui seront exhibés à cette occasion fourniront d'intéressantes illustrations de phénomènes géologiques et de géographie physique propres aux régions littorales.

M. le *Président* annonce ensuite une séance supplémentaire de *Géologie appliquée (Hydrologie)* pour le *mardi 16 avril* et prie les personnes qui désireraient s'inscrire pour des communications de le faire sans retard. Déjà MM. Verstraete, Flamache, Hans et Losseau se sont fait inscrire.

M. le *Président* attire l'attention des membres de la Société sur le dépôt effectué sur le Bureau d'un exemplaire de la *Carte pluviométrique de la Belgique*, l'œuvre remarquable de M. A. Lancaster, exécutée dans d'exceptionnelles conditions de perfection par l'Institut cartographique militaire. Pour la séance du 16 avril le prix de vente sera fixé et la distribution aux souscripteurs pourra commencer immédiatement après.

Enfin l'orateur annonce que dans le courant d'avril deux fascicules du Bulletin de la Société seront distribués aux ayants droit : le fascicule II-III de 1894, accompagné de 5 planches et le fascicule I de 1895, comprenant le Procès-Verbal de la séance de ce jour, ainsi que les mémoires présentés pendant le premier trimestre, sauf le Mémoire paléontologique de M. Béclard.

En terminant, M. le *Président* est persuadé de se faire l'organe de tous en présentant à nos sympathiques confrères MM. les Ingénieurs de Schryver et Dufourny les chaleureuses félicitations de la Société pour la promotion dont ils viennent tous deux d'être l'objet dans l'Administration supérieure des Ponts-et-Chaussées. (*Applaudissements.*)

Correspondance.

M. le *Secrétaire* donne lecture de la correspondance, dont une partie est relative à l'extension des échanges de publications de la Société, récemment commencée à la suite d'une décision du Conseil. L'accueil le plus empressé et le plus flatteur a été fait aux propositions d'échange formulées cette année par la Société, qui n'avait guère jusqu'ici pris l'initiative des relations d'échange, qu'elle voulait réserver après un stage suffisant d'années de publications, destinées à la faire au préalable avantageusement connaître dans le monde savant.

L'Université de Lund ;

La Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft de Francfort s/M. ;

La Direction des Annales géologiques de la Péninsule balkanique ;

La Geologist's Association de Londres ;

Le Geological Survey du Canada ;

La Société italienne des Sciences naturelles de Milan ;

Le Naturhistorische Verein der preussischen Rheinl. und Westphaliens de Bonn

acceptent l'échange des publications et nous ont déjà fait parvenir les leurs, avec séries rétrospectives.

La Société d'Histoire Naturelle d'Autun ;

L'American Geologist de Minneapolis ;

L'Académie des Sciences de Caen ;

La Société des Sciences naturelles de Toscane, à Pise ;

La Société Royale de Naples

acceptent l'échange demandé et annoncent l'envoi de leurs publications.

L'Académie des Sciences de Turin ;

L'Association américaine pour l'avancement des Sciences ;

La Société Royale de Londres ;

Le Service géologique de Norwège

nous informent que les demandes d'échange qui leur ont été adressées seront prochainement soumises à leurs comités et conseils respectifs.

M. le Secrétaire perpétuel de l'*Académie des Sciences de Paris* nous informe que, dans un but de confraternité internationale, l'*Académie*

a décidé de donner satisfaction à notre demande d'une manière qui sera certes appréciée par les membres de la Société belge de Géologie.

La Bibliothèque de celle-ci recevra en effet :

a) Les *Comptes rendus hebdomadaires* de l'Académie, depuis l'année 1881.

b) Les *Mémoires de l'Académie* (du tome 5 au tome 44, sauf le tome 21 épuisé).

c) Les *Mémoires des savants étrangers* (collection complète).

d) Les travaux scientifiques relatifs au passage de Vénus sur le Soleil (collection complète depuis 1874).

L'assemblée applaudit ces communications et des remerciements sont votés aux donateurs et tout spécialement à l'Académie des Sciences de Paris pour son acte de sympathique munificence.

M. le Secrétaire du *Musée australien de Sidney* fait savoir que le Directeur du Musée, M. le Dr E.-R. Ramsay, s'étant retiré pour motif de santé, il a été procédé à son remplacement par M. R. Etheridge Junior, Paléontologiste du dit Musée.

MM. Th. Verstraeten, Losseau et Hans se font inscrire pour diverses communications pour la séance d'Hydrologie du 16 avril prochain.

M. le Prof. Marcel Bertrand, de Paris et M. L. Olivier, Directeur de la *Revue Générale des Sciences pures et appliquées* donnent, le premier comme auteur, le second comme éditeur, l'autorisation de reproduire l'article de M. Bertrand sur les *Lignes directrices de la Géologie de la France*, récemment publié dans cette Revue, dont M. Olivier offre aussi de faire le service à la Société en échange de notes et d'analyses sur les travaux publiés dans le *Bulletin* de la Société et qui seraient destinés à paraître dans la Revue.

(Remerciements et accepté.)

M. L. Bayet, de Walcourt, annonce pour la séance de fin avril la présentation de son travail précédemment annoncé, intitulé : *Observations sur quelques dépôts tertiaires dans l'Entre-Sambre et Meuse*.

Le *Muséum d'Histoire Naturelle de Paris* annonce la création d'un *Bulletin mensuel* et demande l'échange des publications. (Accordé, avec l'envoi des volumes antérieurs du Bulletin.)

Dons et envois reçus (Abstraction faite des Périodiques ordinaires).

1° De la part des auteurs :

1948 Cornet (J.). *Les formations post-primaires du bassin du Congo*. Extr. in-8°, 87 pages et 1 planche, Liège, 1894.

1895. P.-V.

3

- 1949 **Davison (Ch.)**. *On Deposits from Snowdrift, with especial Reference to the Origin of the Loess and the Preservation of Mammoth-remains*. Extr. in-8°, 15 pages, London, 1894.
- 1950 **Fornasini (C.)**. *Contributo alla conoscenza della microfauna terziaria Italiana. — Foraminiferi delle Marne Messinesi*. Extr. in-4°, 19 pages et 2 pl., Bologna, 1895.
- 1951 — *Lagena felsinea n. sp.*. Extr. in-8°, 1894.
- 1952 **Geikie (J.)**. *The Great Ice Age and its relation to the antiquity of Man*. 1 vol. in-8° relié de 850 pages et 18 pl. London 1894.
- 1953 **Heim (A.)**. *Der diluviale Bergsturz von Glärnisch-Guppen. — A. Rothpletz in den Glarneralpen*. Extr. in-8°, 70 pages et 2 pl. Zurich, 1896.
- 1954 **Jones (T. Rupert)**. *Notes on the Palæozoic Bivalved Entomostraca. — Some Devonian Species*. Extr. in-8°, 9 pages et 1 pl. London, 1895.
- 1955 **Lancaster (A.)**. *Le climat de la Belgique en 1894*. Extr. in-8°, 181 pages et 2 pl., Bruxelles, 1894.
- 1956 **Munier-Chalmas et de Lapparent**. *Note sur la Nomenclature des Terrains sédimentaires*. Extr. in-8°, 56 pages. Paris, 1892-94.
- 1957 **Prestwich (J.)**. *Collected papers on some Controverted Questions of Geology*. 1 vol. in-8°, relié, 279 pages et 13 pl. London, 1895.
- 1958 **Zareczny (Dr St.)**. *Atlas Geologiczny Galicyi*. 1 vol. in-8° de texte, 290 pages et 8 pl., 1 atlas de 2 cartes. Krakow, 1894.

2° Périodiques nouveaux :

Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft Frankfurt a. M.

- 1959 *Abhandlungen*, vol. XIII à XVIII (1883 à 1895), 6 vol. in-4°.
- 1960 *Bericht*, années 1869 à 1894, 22 vol. in-8°.

Et, en annexes séparées, de la même Société :

- 1961 **Kobelt (W.)**. *Reiseerinnerungen aus Algerien und Tunis*. 1 vol. in-8°, 1885.
- 1962 **Hartert (E.)**. *Katalog der Vogelsammlung im Museum*. 1 vol. in-8°, 1891.
- 1963 **Boettger (O.)**. *Katalog der Batrachier-Sammlung im Museum*, 1 vol. in-8°, 1892.
- 1964 — *Katalog der Reptilien-Sammlung im Museum*, 1 vol. in-8°, 1893.

- 1965 *Commission de Géologie et d'Histoire naturelle du Canada, Ottawa. Rapport annuel*, nouvelle série, vol. I-V (1885 à 1891), 7 vol. in-8° et 5 atlas.
- 1966 *Annales géologiques de la Péninsule balkanique, Belgrade*, t. I-III, vol. IV, n° 1 et vol. V, n° 1 (1890-1893), 5 vol. in-8°.
- 1967 *Muséum d'Histoire naturelle, Paris. Bulletin*, année 1895, n° 1, 1 br. in-8°.
- 1968 *Geologists' Association London. Proceedings*, vol. XIV (1895), n° 1, 1 br. in-8°.
- 1969 *Società Italiana di Scienze Naturali Milano. Atti*, vol. XXIII-XXXIV (1880-1894), 12 vol. in-8°.
- 1970 *Universitatis Lundensis Acta*, t. XXIV-XXX (1889-94), 5 vol. in-4°.
- 1971 *Observatoire impérial de Constantinople. Bulletin*, 1895, Janvier, 1 br. in-4°.

M. le *Secrétaire* attire particulièrement l'attention sur les beaux et intéressants livres offerts par nos estimés membres honoraires : MM. les Prof. *J. Prestwich* et *J. Geikie* (N^{os} 1957 et 1952) ainsi que l'instructive étude de M. le Dr *Cornet* (n° 1948) sur les dépôts post-primaires du Congo, sujet si palpitant d'intérêt pour nos compatriotes, qui s'intéressent, plus que jamais en ce moment, à tout ce qui concerne les richesses naturelles, minérales et autres, de cette contrée, appelée vraisemblablement à devenir une colonie belge.

Présentation et Élection de nouveaux membres.

Sont élus en qualité de membres effectifs, par le vote unanime de l'Assemblée :

MM. DEBAUVE, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées du Département de l'Oise, à Beauvais.

J. DE VISSCHER, Ingénieur agricole, 128, rue Berckmans, à St-Gilles-lez-Bruxelles.

Communications des Membres.

M. E. Van den Broeck présente, au nom de M. STANISLAS MEUNIER, Professeur de géologie au Muséum de Paris, et en le résumant comme suit, un travail de notre confrère, intitulé : **Étude critique sur l'extension des anciens glaciers dans l'Europe occidentale.**

Dans ce travail, l'auteur — après avoir rapidement rappelé que l'idée que l'on s'était d'abord faite que *période glaciaire* était synonyme d'un *refroidissement considérable* à la surface du globe terrestre, a été

reconnue fausse, et que les *périodes interglaciaires* on de réchauffement en deux ou trois récurrences, séparant de prétendus maxima d'abaissement de température, ne sont guère des hypothèses plus fondées que celles du grand froid primitivement invoqué — dit qu'il a étudié les manifestations glaciaires de l'Europe occidentale à l'aide de la théorie des *causes actuelles*. Il est parvenu ainsi à éliminer la nécessité d'invoquer des phénomènes spéciaux, exceptionnels et constituant même une véritable anomalie dans l'histoire de l'évolution physique et biologique du globe terrestre, histoire dans laquelle l'épisode appelé l'*époque glaciaire* paraissait jusqu'ici constituer une inexplicable anomalie, contraire d'ailleurs aux données climatiques, si précises, fournies par la paléontologie végétale.

L'auteur n'a nullement la prétention d'apporter des *faits nouveaux* comme base de sa thèse : mais il a tenté d'appliquer, dans un sens utile et conforme à ce qu'il croit la vérité, des faits incontestables, dont l'adaptation à ces nouveaux points de vue paraît avoir été négligée jusqu'ici.

Il établit, comme prémisses, deux faits fondamentaux, que l'on peut considérer comme établis.

1° Les preuves ont été fournies que l'époque dite glaciaire, qui a régné sur l'Europe occidentale, a été beaucoup plus longue qu'on l'avait cru tout d'abord.

La conséquence de cette durée est que la simultanéité du manteau de glace qui aurait couvert l'Europe occidentale n'est qu'une apparence : il y a eu des localisations d'un phénomène toujours identique dans ses effets, pendant des subdivisions chronologiques, dont la distinction et la succession nous échappent aujourd'hui. Nous totalisons, par simple appréciation, des effets analogues, successivement produits sur des aires dont l'ensemble s'est fort étendu pendant la durée des temps quaternaires, mais non pas simultanément.

2° Les traces glaciaires faisant partie de formations continentales ou exondées, la chronologie ordinaire des dépôts stratifiés ne peut guère y apporter de lumière.

De plus la dénudation subaérienne d'une part ; l'accroissement, par suite de mouvements du sol, de territoires exondés, d'autre part ; d'autres causes encore (dissolution des matériaux calcaires, etc.) ont modifié constamment le rapport entre les causes et les effets produits et conservés jusqu'à nous. La continuité d'accumulation n'est pas synonyme d'accroissement d'épaisseur des dépôts glaciaires.

Ces deux points établis, l'auteur s'adresse à une région, telle que les

Vosges, où des actions glaciaires ont laissé des traces, mais ne subsistent plus de nos jours.

Aux vestiges glaciaires qu'il retrouve (moraines, boues glaciaires, etc.) il ajoute le cube immense de ce qui a fatalement dû être emporté. Il reconstitue la chaîne primitive et la réédifie par la pensée dans ses proportions originelles, avec ses hautes altitudes, dépassant la zone atmosphérique des neiges éternelles. Sa reconstitution l'amène à évoquer précisément l'image de la haute chaîne des Pyrénées, avec ses caractères particuliers, ses glaciers courts et larges, localisés sur les flancs de la montagne, incomplets par rapport aux glaciers alpins par exemple.

Pour les Pyrénées, il se livre au même travail successif d'observation, de calcul d'ablation et de reconstitution de l'état primitif; ce qui l'amène à évoquer l'image imposante des Alpes comme état originaire de la chaîne des Pyrénées.

Toute la partie supérieure de la chaîne étant plongée dans la zone des neiges persistantes il en découle un autre régime, plus complet, plus développé, de glaciers allongés, importants, descendant très bas dans la plaine. Reportant à la région alpine le même travail d'observation de l'érosion, de calcul de l'ablation et de la reconstitution des conditions originelles, il se trouve en présence d'un état primitif grandiose, dont l'équivalent exact est formé par les Monts Célestes, soit par la chaîne du Pamir ou Toit du monde, en Asie.

Mais ici les altitudes sont telles que non seulement les sommets de la chaîne, mais encore le plateau central tout entier, sur un territoire immense, traversent et surmontent la zone atmosphérique des neiges persistantes. L'air froid est trop sec, trop dépouillé de vapeurs aqueuses dans ces hauteurs énormes pour donner lieu à des précipitations pluviales ou neigeuses abondantes, et sans eau, sans neige il ne peut s'y former de glaciers. Ceux-ci, en effet, dans les Monts Célestes, sont absents du massif central surélevé et constituent simplement une auréole entourant les flancs moyens et inférieurs du massif montagneux, où ils reconstituent les conditions de la chaîne alpine, *sans offrir un développement beaucoup plus considérable.*

Une telle reconstitution d'état primitif étant admise pour les Alpes, on comprend qu'à l'hypothèse fausse, mais généralement admise, de glaciers énormes en largeur et en longueur (comme l'ancien glacier du Rhin, auquel on a cru pouvoir attribuer 400 kilomètres de long et 16 à 1700 mètres d'épaisseur de glace) il est permis de substituer l'hypothèse plus rationnelle d'un régime de glaciers analogues à celui des temps modernes en ces régions, et dont le cirque d'alimentation,

au lieu d'être comme on le croyait, reculé bien loin jusqu'au noyau central du massif alpin primitif, se trouvait non loin de son lieu d'origine actuel.

L'auteur expose que les diverses chaînes montagneuses de l'Europe ayant dû passer par des phases primitives diverses et cela d'une manière non simultanée, étant donné la différence d'âge de ces montagnes, il a dû y avoir, par application aux faits précédents, des conditions diverses et sans cesse modifiées du phénomène glaciaire, qui a incessamment, pendant la longue durée du Quaternaire, agi par phases variées, en des régions différentes mais plus ou moins voisines.

C'est la *totalisation d'effet* de ces phénomènes de même nature qui a induit, bien à tort, à faire admettre l'universalité et l'unité de temps du phénomène glaciaire, directement en rapport, en réalité, avec une *succession de phénomènes régionaux voisins et nullement synchroniques*. Ces phénomènes étaient en rapport direct avec les variations d'altitude, variations qui étaient causées par les diverses phases de l'histoire orogénique des régions montagneuses et par la dénudation, qui tend sans cesse à combattre les effets du relèvement dû aux mouvements de l'écorce terrestre, source incontestable des anciens et énormes massifs montagneux dont nous ne pouvons plus voir aujourd'hui que les noyaux dénudés et réduits à divers états de démolition.

L'Assemblée, après l'audition du Résumé fait par M. Van den Broeck du travail de M. Stanislas Meunier, vote l'impression de cette étude aux *Mémoires*, avec les figures qui l'accompagnent.

M. Van den Broeck, qui avait fait précéder son résumé d'un historique assez développé des thèses diverses qui ont été successivement présentées comme exposant les causes du phénomène glaciaire, ne s'étend, comme exemple de causes extra-terrestres non sujettes à rejet immédiat — comme doivent l'être désormais celles naguère défendues par Renoir, Heer, Babinet, Vicaire, Boucheporn, Adhémar, Lehon et même Croll et Penck — que sur celle défendue, après le Dr Blandet, par MM. de Saporta, de Lapparent et Faye et qui se base sur l'état croissant de *condensation* de la *nébuleuse solaire*.

Il fait remarquer toutefois une étude importante de M. de Lapparent publiée récemment dans la *Revue des questions scientifiques de Bruxelles* (2^{me} Sie, Tome IV, année 1893, pp. 402-432), sous le titre : *Les causes de l'ancienne extension des glaciers*, et dont un Résumé, publié dans le Bulletin de la Société de Géographie de Paris (1894, N^o 1, p. 21) se trouve reproduit dans les *Nouvelles et informations diverses* suivant le Procès-Verbal de notre séance du 27 nov. 1894.

D'après la manière de voir exposée dans cette étude, M. de Lapparent paraît disposé à écarter complètement, pour l'explication du phénomène glaciaire de l'Hémisphère boréal, toute cause cosmique ou extra-terrestre. L'existence jusque vers la fin du Pliocène d'un vaste continent, reliant l'Europe à l'Amérique au nord des latitudes méditerranéennes, continent de plus en plus morcelé depuis les temps primaires et ayant disparu entièrement pendant l'époque quaternaire, lui paraît un élément géographique suffisant pour expliquer rationnellement tous les phénomènes glaciaires, leur extension comme leurs localisations dans l'Hémisphère boréal.

M. *Van den Broeck* termine en faisant remarquer que la combinaison des deux thèses exclusivement géographiques, et d'essence purement terrestre, de MM. de Lapparent et Stanislas Meunier pourrait peut-être fournir la clef définitive de tous les phénomènes dont les manifestations se trouvent réunies sous le nom d'époque glaciaire.

A la suite de cette communication, et à propos de l'existence passée d'un continent transatlantique, invoquée par M. de Lapparent, M. *Dollo* appelle l'attention de l'Assemblée sur les considérations biogéographiques qu'il a développées jadis, dans plusieurs séances de la Société, — considérations qui militent en faveur de la présence de ce continent durant les temps géologiques.

L'idée, d'ailleurs, n'est pas nouvelle. MM. E. Suess et W. T. Blanford ont traité cette question de géographie ancienne dans leurs ouvrages, et Neumayr en parle, à plusieurs reprises, dans son *Erdgeschichte* (Leipzig, 1886-87).

L'Assemblée ayant encore diverses communications à entendre, décide de reporter à la séance de fin avril la suite de la discussion de l'intéressante question glaciaire.

2° M. le *Secrétaire* donne lecture de la note suivante, que lui a adressée M. Stanislas Meunier.

STANISLAS MEUNIER. — Sur un mode de striation des roches, indépendant des phénomènes glaciaires.

On regarde souvent comme démontrant à elle seule l'intervention glaciaire la présence de stries soit sur des roches en place, soit sur des galets. Or les glaciers ne semblent pas être les seuls agents naturels capables d'engendrer de semblables effets. En laissant de côté les éboulements rocheux qui, comme Collomb l'a fait remarquer déjà, donnent lieu à des froissements qui ne sont pas identiques avec ceux que nous avons en vue, et même les phénomènes que Mallet avait en vue à

propos du glissement des terrasses au bord de la mer, on peut concevoir que le tassement de couches caillouteuses sous l'influence de la dénudation souterraine puisse amener le striage de certaines masses rocheuses. A cet égard l'expérience a été tout à fait concluante.

Des appareils, installés au Laboratoire de Géologie du Muséum d'Histoire Naturelle à Paris, ont permis la production artificielle de galets striés et de roches en place cannelées et burinées, comme on en rencontre dans la nature. Ces résultats jettent le plus grand jour sur l'origine de bien des matériaux striés, tels que les galets du conglomérat de Dwyka (Afrique du Sud) et même des placages caillouteux des Préalpes vaudoises, où l'on est trop souvent tenté de reconnaître d'anciennes moraines à la fois calcaires et sableuses; on y voit aussi l'explication des stries présentées par des roches gréseuses des environs de Paris, noyées en plein Diluvium, où l'action glaciaire, même si elle s'était fait sentir, aurait depuis longtemps été effacée.

3° M. X. Stainier fait la communication suivante :

NOTE

SUR LES

CRISTAUX DE PYRITE DES CHARBONNAGES

PAR

X. Stainier.

On rencontre très fréquemment la pyrite dans les charbonnages et sous toutes sortes de formes et de modes de gisement. Nous avons déjà décrit jadis un de ces modes de gisements (1), nous allons aujourd'hui en examiner un autre. Au beau milieu des couches de charbon on trouve très souvent des masses plus ou moins volumineuses de pyrite et il n'est pas rare du tout de voir cette pyrite se présenter en cristaux parfois d'une très grande netteté. Ayant eu l'occasion de récolter bon nombre de ces cristaux et ayant de plus été autorisé gracieusement par M. Dewalque à examiner les remarquables cristaux qui se trouvent dans la collection de l'Université de Liège et prove-

(1) X. STAINIER : *Nodules de pyrite oolithique dans les couches de charbon*. (Bull. Soc. belge de Géologie, tome VII, 1893, procès-verbaux, p. 179.)

nant d'André Dumont, je suis à même de donner une liste assez étendue des formes cristallines que présentent ces cristaux de pyrite.

Voici la liste des formes que j'ai rencontrées :

1° Le cube primitif. Il est fort abondant, mais les petits cristaux seuls sont bien nets et non modifiés. Du moment que les cristaux atteignent une certaine grosseur, ils sont toujours modifiés.

2° Le cubo-octaèdre (PA^1). Cette forme est extrêmement rare; je ne la possède que du charbonnage de Lahaye, à Liège (Puits Piron).

3° Le cubo-dodécaèdre (Pb^2). Cette forme est très commune. La facette de troncature est généralement très étroite et existe sur la plupart des gros cubes. J'en possède un remarquable spécimen provenant de la houillère de la Batterie, à Liège, et un autre du puits n° 14 des charbonnages de Monceau-Fontaine. On en trouve d'ailleurs dans presque tous les charbonnages.

4° Le dodécaèdre pentagonal (b^2) très commun en modification, est fort rare comme solide complet. Je n'en possède que deux provenant du charbonnage du Boubier, à Châtelet, et du charbonnage d'Amercœur, à Jumet.

5° Le cube, aux angles modifiés par les facettes du trapézoèdre (cube triépointé PA^2). Cette forme est très abondante dans les charbonnages des environs de Liège, où l'on exploite des veines assez élevées dans la série houillère. Nous ne l'avons pas encore rencontrée dans le Hainaut, où nos recherches ont porté sur les veines inférieures.

6° Le cube portant les facettes du dodécaèdre pentagonal b^2 et du trapézoèdre A^2 (PA^2b^2). Cette forme est assez commune. Charbonnage de Boute-li-cou (1).

7° Le cube avec les facettes du dodécaèdre pentagonal $b^{3/2}$ et du trapézoèdre A^2 ($PA^2b^{2/3}$).

Cette combinaison est très rare; je ne la possède que du charbonnage de la Batterie, à Liège.

8° Le trapézoèdre complet A^2 portant les faces du cube P très légèrement indiquées sur ses pointements quaternaires. Charbonnage de Lahaye, puits Piron.

9° Au même puits Piron nous avons trouvé un cristal intéressant : c'est un trapézoèdre complet et sans modification. Il est fort net et nous avons pu le mesurer au goniomètre à réflexion. L'angle de ses arêtes D (normales à B^1) est de $144^\circ 57'$. L'angle de ses arêtes F (obliques)

(1) Nom d'un ancien puits du charbonnage du Bois d'Avroy au-dessus de la gare des Guillemins à Liège et où A. Dumont a recueilli une belle collection de cristaux de pyrite, aujourd'hui déposée à l'Université de Liège.

est de $129^{\circ} 29'$. C'est donc le trapézoèdre A^3 qui a pour valeur d'angles calculés correspondants : $144^{\circ} 55'$ et $129^{\circ} 31'$. Ce trapézoèdre, rare en modifications, l'est encore beaucoup plus à l'état complet. Un seul échantillon avec quelques cristaux en a été trouvé.

10° Une combinaison du cube, de l'octaèdre et du trapézoèdre A^2 ($PA^1 A^2$). Forme rare, rencontrée au puits du Perron du charbonnage du Val-Benoit.

11° Une combinaison du cube et des deux trapézoèdres A^2 et $A^{4/3}$ ($PA^2 A^{4/3}$). Forme rare. Charbonnage du Horloz, puits de Tilleur.

12° Une combinaison du cube, du trapézoèdre A^2 et de deux pentagondodécaèdres b^2 et $b^{3/2}$ ($PA^2 b^2 b^{3/2}$). Forme rare. Charbonnage de Lahaye, puits Saint-Gilles.

13° Une combinaison du cube, du rhombododécaèdre B^1 et du pentagondodécaèdre $b^{1/2}$ ($PB^1 b^{1/2}$). Forme rare. Charbonnage de Sart d'Avette aux Awirs.

14° Une combinaison du cube du rhombododécaèdre B^1 et du trapézoèdre A^2 ($PB^1 A^2$). Forme rare. Charbonnage du Val-Benoit, puits du Perron.

Tels sont les cristaux (1) dont j'ai pu avoir connaissance. J'ai cru bon de les signaler, estimant que l'étude des formes d'un minéral ayant cristallisé dans des gisements analogues, peut jeter quelque lumière sur la question si controversée de l'influence des conditions extérieures sur la cristallisation.

Cette influence ne saurait être niée.

En effet, c'est une donnée bien connue que les minéraux d'un même gisement ont une tendance très prononcée à présenter une ou plusieurs formes cristallines identiques ou voisines. Ces formes deviennent en quelque sorte caractéristiques de ces gisements et un œil exercé reconnaît assez bien la provenance des échantillons. Pour la même raison, la découverte d'un nouveau gisement minéral amène souvent la découverte de nouvelles formes cristallines. Ainsi, sans sortir de notre pays, les cristaux de calcite de Chokier présentent des formes particulières, différant généralement des formes de la calcite de Rhisnes, comme l'ont montré les belles études de M. Césaro. De même aussi les isocéloèdres de calcite, presque inconnus jadis chez nous, sont devenus très abondants par la découverte que M. Césaro a faite du riche gisement de Rhisnes.

Ces faits ne peuvent guère s'expliquer qu'en admettant la présence

(1) La plupart de ces cristaux ont été recueillis en compagnie de M. L. Moreels, à l'époque où j'étais étudiant à Liège.

de conditions locales, encore inconnues, régissant la formation des cristaux et leur imposant une forme cristalline déterminée.

Pour autant qu'on puisse en juger, les pyrites de charbonnage ont cristallisé dans des conditions qui paraissent analogues ; toutes se sont formées au sein du charbon, et il est remarquable dans ces conditions de voir l'uniformité des formes cristallines présentées. Des centaines d'échantillons me sont passés par les mains ; tous, comme on l'a vu, peuvent se rapporter à un petit nombre de formes cristallines au milieu des innombrables formes de la pyrite, si polymorphe. Ces formes sont : le cube, l'octaèdre, les dodécaèdres pentagonaux, les trapézoèdres, le rhombododécaèdre, et parmi ces formes il y en a trois

$$\begin{array}{c} P \\ b^2 \\ A^2 \end{array}$$

qui comprennent 99 % des cristaux au moins. De plus, il est remarquable de voir les trapézoèdres que la pyrite présente si rarement ailleurs, devenir ici abondants et constituer en quelque sorte la forme cristalline spéciale aux pyrites de charbonnages. Ceux-ci auraient donc fourni le milieu le plus favorable à la production de cette forme.

A la suite de cette communication, *M. Dollo* appelle l'attention de l'Assemblée sur les travaux de *M. F. Becke*, professeur de Minéralogie à l'Université de Prague.

Ces travaux, publiés dans les *Tschermak's Mittheilungen*, fournissent une contribution importante à la solution de cette question : Pourquoi un minéral quelconque prend-il, tantôt telle forme, tantôt telle autre, du système cristallin auquel il appartient ?

La forme choisie dépend de la nature du dissolvant.

Ce sont toujours les faces de plus grande résistance par rapport à un dissolvant donné qui sont réalisées.

4° *M. X. Stainier* fait la communication suivante :

CURIEUX ÉTAT MOLÉCULAIRE D'UN CRISTAL DE PYRITE

PAR

X. Stainier.

Il m'est un jour arrivé un curieux accident minéralogique que je crois utile de faire connaître, car il est de nature à jeter quelque lueur sur l'état moléculaire où peuvent se trouver certains cristaux.

Ayant rencontré un bel échantillon de pyrite cristallisée dans la couche Grande-Cabinette, du charbonnage de la Rochelle, à Roux, j'étais occupé, avec mon marteau, à enlever à petits coups, la matière charbonneuse qui remplissait les interstices entre les cristaux. Je tenais le bloc assez près de l'œil, quand, à un petit coup donné sur un cristal, celui-ci éclata avec une détonation comparable à un coup sec de pistolet. De plus, ayant fermé instinctivement les yeux, je perçus sur les paupières une sensation analogue à celle que produirait le choc d'une pincée de sable. Je ne retrouvai plus aucune trace des fragments de ce cristal et le restant de l'échantillon était resté intact. Je me suis demandé naturellement d'où pouvait provenir ce curieux accident, d'autant plus étonnant qu'il est plus rare. En effet, ayant collectionné assez longtemps les cristaux de pyrite des charbonnages, qui doivent toujours être dégagés au choc du marteau, je n'ai jamais constaté rien de pareil, pour des centaines d'échantillons qui me sont passés par les mains.

Quant à l'échantillon en question, il ne présente extérieurement rien de particulier. C'est une masse de la grosseur du poing, formée de cristaux enchevêtrés les uns dans les autres et enveloppés de matière charbonneuse. Les cristaux sont des cubes volumineux ($0^m,03$ de côté) légèrement tronqués sur les arêtes par les faces du dodécaèdre pentagonal $\frac{1}{2}b^2$ si commun dans les cristaux de pyrite de charbonnage. Il n'y a là rien de particulier non plus, comme aspect extérieur des cristaux, groupements, cassure, etc. La base du cristal disparu est restée adhérente à la masse et la surface de cassure ne présente rien de spécial. Elle est grenue comme d'habitude, mais sur une petite surface on y voit des stries très nettes identiques à celles que portent extérieurement les pyrites dites « triglyphes ».

Les conditions dans lesquelles s'est produit l'éclatement de cette pyrite m'ont rappelé une curieuse expérience que l'on exécute dans les laboratoires : c'est l'expérience des larmes bataviques. Je me suis demandé s'il n'y avait pas là autre chose qu'une simple coïncidence et s'il n'était pas possible de remonter de l'identité des effets à l'identité des causes. On sait que les larmes bataviques sont de petites masses de verre, en forme de poire, obtenues en versant des gouttes de verre fondu dans de l'eau. Sous l'influence du refroidissement brusque, le verre se trempe et acquiert un état moléculaire tel que, si on vient à briser la pointe de la « larme », celle-ci éclate avec une formidable détonation et se réduit en une poudre impalpable. Comme on le voit, les phénomènes sont bien les mêmes que ceux qui se sont passés pour le cristal de pyrite. Or on sait que non seulement le refroidissement,

mais encore la pression sont susceptibles de modifier la structure moléculaire. Ainsi on peut par la pression tremper du verre et d'isotrope qu'il était, le faire devenir anisotrope; montrant ainsi combien sa structure moléculaire a été profondément modifiée. Or la pression n'a pas dû manquer aux cristaux de pyrite des charbonnages. On sait en effet que ces cristaux se sont formés, non pas librement ou dans des cavités ou géodes où ils auraient pu se développer à l'aise, mais bien en plein milieu du charbon. Le sulfure de fer s'est séparé petit à petit du charbon pour cristalliser en un point donné, où les cristaux, pour se développer, ont dû refouler la matière charbonneuse qui les pressait de toutes parts. On voit donc que la pression n'a jamais dû faire défaut. Aussi il est même étonnant que des accidents analogues au mien n'aient pas été plus fréquemment signalés. Tous les ingénieurs auxquels j'ai parlé de ce fait m'ont dit qu'ils n'en avaient jamais observé de pareil. Je ne dois cependant pas oublier de signaler des faits qui ont été portés à ma connaissance par M. Gorlier, directeur du charbonnage de la Rochelle, d'où provient le cristal en question. M. Gorlier avait jadis recueilli une belle collection de pyrites provenant de la veine Grande-Cabinette, qui en fournit beaucoup. Comme tous les collectionneurs il avait fort difficile à dégager ces pyrites de leur gangue charbonneuse.

Mais il avait remarqué que pour toutes les pyrites provenant de la couche Grande-Cabinette, il suffisait de les plonger dans du fumier frais pour les retrouver, au bout d'une semaine, complètement dégagés et même les cristaux isolés les uns des autres. Ce fait contribuerait encore à montrer que les pyrites provenant de cette couche se trouvent dans un état d'équilibre moléculaire très instable, puisqu'il suffit d'une faible chaleur pour rompre cet équilibre. Il serait difficile de dire ce qui donne aux pyrites de cette couche ces propriétés particulières, car il n'y a rien d'anormal dans l'allure de cette couche. La pyrite y est très répandue; j'ai déjà signalé dans un travail précédent un mode particulier de ces pyrites (1). M. Gorlier m'a montré également un volumineux échantillon provenant de cette couche et présentant de curieuses cavités et une surface extérieure absolument mamelonnée et stalactitique.

M. *Blanchart* confirme le fait de l'éclatement de cristaux de pyrite, observé également, quoique d'une manière moins sensible, dans d'autres couches des travaux houillers du pays de Charleroi.

(1) STAINIER : *Bull. Soc. belge de géologie*, t. VII, 1893, procès-verbaux, p. 179.

A la suite de cette communication, M. *Dollo* appelle l'attention de l'Assemblée sur les travaux des minéralogistes allemands, particulièrement sur ceux de MM. Klein et Brauns, d'après lesquels il existerait une tension intérieure dans beaucoup de cristaux.

En aurions-nous une preuve dans le cas signalé par M. Stainier ?

5^o M. *L. Dollo* annonce la remise à une séance ultérieure de ses deux communications annoncées à l'ordre du jour et les remplace par une autre intitulée :

L. DOLLO. — Encore la discontinuité de l'évolution.

L'auteur ne peut s'expliquer l'existence des mâles et des femelles « cleistogames » dans les Termitières (*F. Müller. Ienaische Zeitschrift, 1873*) que par la discontinuité de l'évolution.

SÉANCE DE GÉOLOGIE APPLIQUÉE

DU 16 AVRIL 1895.

Présidence de M. Jottrand, président.

Correspondance.

L'Académie royale des sciences, parmi les questions proposées pour le concours de 1896 (clôture le 1^{er} août 1896), a posé la suivante qui nous intéresse plus spécialement :

On demande la description des minéraux phosphatés, sulfatés et carbonatés du sol belge. On ajoutera l'indication des gisements et celle des localités.

Le prix est une médaille d'or, de la valeur de 600 francs.

Élection d'un nouveau membre.

Est élu en qualité de membre associé régnicole :

M. STEFANO AVANZO, rue d'Arenberg, à Bruxelles.

Communication du bureau.

M. le *Secrétaire* annonce qu'après réunion du Comité spécial, il a été décidé de laisser, aux membres de la Société, la *Carte pluviométrique* et le *volume de texte*, au prix de revient, c'est-à-dire à six francs.

Le prix fixé pour le public est de douze francs.

D'autre part, les membres souscripteurs pourront obtenir un second exemplaire de la *Carte pluviométrique* seule, au prix de trois francs.

Quelques exemplaires, tirés sur papier fort, pourront être livrés, dans les mêmes conditions, au prix de quatre francs.

Pour le duplicata de la *Carte*, le prix de vente au public est de cinq francs l'exemplaire sur papier ordinaire et de six francs sur papier fort.

Le tirage total ayant, à cause des frais, dû être réduit à 600 exemplaires et 200 exemplaires étant nécessités pour hommages, tirés à part de l'auteur, exemplaires à fournir à l'État, à la province de Brabant, à la ville de Bruxelles, et pour l'échange avec de grands travaux hydrologiques et autres publiés à l'étranger, 400 exemplaires seulement se trouveront réservés pour la souscription et pour la vente.

Le reliquat en caisse et le produit de la vente du premier fascicule seront utilisés à la publication du deuxième fascicule de l'œuvre.

Communications des membres.

1° M. L. Losseau fait la communication suivante :

QUELQUES RENSEIGNEMENTS

RELATIFS A DEUX SONDAGES A ANVERS

PAR

L. Losseau

J'ai eu l'occasion de suivre le creusement de deux puits à Anvers, et comme il s'est présenté des différences assez grandes dans la composition de l'eau selon le point où le puits avait été foré et selon la profondeur où l'eau était prise j'ai cru utile de faire connaître ces faits.

Il ne s'agit pas à proprement parler de puits mais plutôt de sondages de recherche exécutés afin de savoir quelle quantité d'eau on pourrait trouver, quelle composition et quelle température cette eau aurait.

On creusait les puits en enfonçant, au mouton, des tubes en fer de 1 mètre de long, et de 9 centimètres de diamètre.

Un tube une fois enfoncé, on introduisait un tube plus mince par lequel on foulait de l'eau dans le premier, par entraînement; cette eau enlevait le sable et quand on avait descendu d'un mètre on retirait le tube central, on allongeait le tube extérieur d'un mètre, on l'enfonçait, puis on remplaçait le tube intérieur, on refoulait de l'eau et ainsi de suite.

A chaque mètre d'enfoncement j'ai pris un échantillon de la matière entraînée. J'ai obtenu ainsi, grosso-modo, la coupe suivante :

Terre remaniée et argile	4 mètres.
Argile fossilifère	1 »
Sable vert foncé, glauconifère.	4 »
Le même dépôt, fossilifère	1 »
Sable glauconifère, devenant plus fin en descendant	11 »

Aux profondeurs de 11, 16, 21 mètres on remplaçait le tube central par un tube spécial terminé par une toile métallique de 2 mètres de haut et servant de filtre. On pompait; après 3 heures de pompage je prenais un échantillon, puis on jaugait la quantité d'eau extraite.

Ces 2 puits ont été creusés à la fabrique de bougies d'Anvers, à la limite du territoire de Borgerhout, l'un à 25 mètres du canal d'Hérenthals, l'autre à 100 mètres plus loin, donc à 50 mètres du canal.

	A 25 mètres du canal.			A 125 mètres du canal.		
Profondeur	11 ^m .00	16 ^m .00	21 ^m .00	11 ^m .00	16 ^m .00	21 ^m .00
Température de l'eau . .	13°5	12°3	12°3	16°	15 1/2	15°2
Dureté (degré hydrotimétrique	34°	45°	20°	60°	72°	120°
Résidu fixe { sulfate, par litre { carbonate, chaux, fer, etc.	0 g. 60	0 g. 75	0 g. 50	1 g. 05	1 g. 55	2 g. 10
Débit à l'heure	2700 lit.	2700 lit.	1450 lit.		3600 lit.	1200 lit.
Ces eaux sont beaucoup plus pures que celles de l'autre puits, ne précipitent pas par l'alcool, se troublent un peu par le dépôt.			Ces eaux, très appétissantes au moment de l'extraction, précipitent en blanc par l'alcool, deviennent rouge-vert par l'ébullition; après un ou deux jours d'exposition à l'air elles acquièrent une mauvaise odeur (surtout celles de 21 m.), et se troublent en donnant un dépôt rougeâtre.			

Je n'ai pas l'intention de rechercher la cause de ces différences. Je vous les signale simplement. M. Van Bogaert m'a dit que chez M. De Beukelaer les eaux marquaient 80°, de sorte que cela me donnerait à supposer que la composition des eaux, dans le voisinage du canal à Hérenthals, est influencée par l'eau de ce dernier, eau qui est relativement pure, car elle ne donne que 13 à 17° hydrotimétriques.

En tout cas ceci montre que la composition chimique des eaux varie avec la profondeur et l'endroit où l'on creuse le puits.

2° M. le *Président* donne la parole à M. *Th. Verstraeten* pour la seconde communication à l'ordre du jour, intitulée : **Circulation des Eaux dans les massifs rocheux. Examen des opinions contradictoires à ce sujet.**

M. *Verstraeten* fait d'abord remarquer que notre *programme d'études hydrologiques* a été adopté à l'unanimité ; il serait désirable que cette même unanimité accueille les principaux résultats de l'étude des points les plus importants du programme.

Il passe ensuite en revue la manière dont il conçoit la circulation des

eaux dans les grès, dans les schistes, dans les psammites et dans les calcaires, et à ce sujet, il désirerait que l'entente se fasse d'abord sur la signification précise des termes : nappe aquifère, niveau aquifère, fissures, etc.

M. le *Président* remercie M. Verstraeten de sa communication, qui sera insérée dans les *Mémoires* de la Société.

3^o M. A. *Flamache* donne lecture d'une communication très développée, et avec figures, sur **la formation des grottes et des vallées souterraines**. L'impression aux *Mémoires* en est adoptée.

M. le *Président* remercie M. Flamache et regrette que l'heure avancée ne permette pas d'entamer la discussion contradictoire que plusieurs membres, M. E. Van den Broeck entre autres, désireraient voir s'ouvrir au sujet de ce travail.

Le même motif empêche aussi M. *Hans* d'exposer le résumé qu'il avait préparé de divers mémoires publiés par le Service géologique des États-Unis sur *les irrigations* en Amérique.

En conséquence, une séance spéciale d'applications géologiques est décidée pour le mardi 14 mai.

La séance est levée à 10 heures quarante-cinq.

SÉANCE MENSUELLE DU 30 AVRIL 1895

Présidence de M. L. Dollo, Président.

Correspondance.

M. X. *Stainier*, indisposé, fait excuser son absence et regrette de ne pouvoir faire la communication qu'il avait annoncée.

M. le *Président* fait part à l'assemblée de la mort de *J. D. Dana*, membre honoraire et de celle de *M. J. Deby*, membre effectif.

La Société géologique du Nord se préparant à fêter le 25^e anniversaire de sa fondation, M. le Président propose, à l'assemblée, de voter des félicitations à nos amis de Lille et délègue *M. E. Van den Broeck* pour représenter la Société à la réunion projetée. (*Applaudissements.*)

M. A. Erens annonce qu'il veut bien se charger de rédiger, pour le Bulletin, une notice bibliographique sur feu *C. Ubagh*.

Notre confrère, *M. Tacchini*, de Rome, annonce la fondation récente, dans cette ville, d'une Société Seismologique.

Le bureau a reçu la circulaire de la Fédération archéologique et historique de Belgique annonçant le Congrès de Tournai et la circulaire du Congrès international de Zoologie qui doit se tenir, en septembre, à Leyde. Ces documents sont mis à la disposition des membres.

Les procès-verbaux des séances de mars à novembre 1894 et de janvier à mars 1895 sont approuvés.

Dons et envois reçus (*Abstraction faite des périodiques ordinaires*).

1^o De la part des auteurs :

1972 — *Carte géologique internationale de l'Europe*. 1^{re} livr. 6 feuil.

1973 **Cornet (J.)**. *La Géologie du Niari, d'après les explorations récentes*. Extr. in-8°, 6 pages. Bruxelles, 1895.

1974 **Davison (Ch.)**. *On a Possible Cause of the Disturbance of Magnetic Compass-Needles during Earthquakes*. Extr. in-8°, 2 pages, London, 1885.

1975 — *On the Existence of Undisturbed Spots in Earthquake-shaken Areas*. Extr. in-4°, 4 pages. Birmingham, 1886.

- 1976 **Davison (Ch.)**. *Note on the Form of the Uneroded Surface of Rock underneath a Talus*. Ex. in-8°, 2 pages. London, 1886.
- 1977 — *On the Distribution of Strain in the Earth's Crust resulting from Secular Cooling; with special reference to the Growth of Continents and the Formation of Mountain Chains* Extr. in-4°, 9 pages. London, 1887.
- 1978 — *On a Method of determining a Lower Limit to the Age of the Stratified Rocks*. Extr. in 8°, 4 pages. London, 1887.
- 1979 — *Note on the Movement of Scree-Material*. Extr. in-8°, 9 pages. London, 1888.
- 1980 — *On the Secular Straining of the Earth*. Extr. in-8°, 7 pages. Birmingham, 1889.
- 1981 — *On the Creeping of the Soilcap through the Action of Frost*. Extr. in-8°. London, 1889.
- 1982 — *On the Origin of the Stone-Rivers of the Falkland Islands*. Extr. in-8°. London, 1889.
- 1983 — *Note on M. Ph. Plantamour's Observations by means of Levels on the Periodic Movements of the Ground at Sècheron, near Geneva*. Extr. in-8°, 11 pages. London, 1889.
- 1984 — *Note on the Mean Rate of Subaërial Denudation*. Extr. in-8°, 2 pages. London, 1889.
- 1985 — *On the British Earthquakes of 1890, 1891, 1892*. Extr. in-8°, 6 pages. London, 1891; 7 pages, 1892; 12 pages, 1893.
- 1986 — *On the Inverness Earthquakes of November 15 to December 14, 1890*. Extr. in-8°, 16 pages. London, 1891.
- 1987 — *Note on the Expansion Theory of Mountain-Evolution*. Extr. in-8°. London, 1891.
- 1988 — *On the Amount of Sand brought up by Lobworms to the Surface*. Extr. in-8°, 4 pages. London, 1891.
- 1989 — *On the Nature and Origin of Earthquake-Sounds*. Extr. in-8°, 11 pages. London, 1892.
- 1990 — *Note on the Quetta Earthquake of December 20th., 1892*. Extr. in-8°, 5 pages. London, 1893.
- 1991 — *Report on Earth Tremors*. 2 extr. in-8°, 64 pages. London, 1893, 1894.
- 1992 — *Note on the Growth of Lake Geneva*. Extr. in-8°, 2 pages. London, 1893.
- 1993 — *On the Annual and Semi-Annual Seismic Periods*. Extr. in-4°, 63 pages. London, 1894.
- 1994 **Faudel et Bleicher**. *Supplément aux matériaux pour une Etude préhistorique de l'Alsace*. Extr. in-8°, 21 pages, Colmar, 1894.

- 1995 **Matthew (G. F.)**. *Trematobolus. An articulate Brachiopod of the Inarticulate Order*. Extr. in-8°, 4 pages, 1893.
- 1996 — *The Outlets of the St-John River*. Extr. in-8°, 20 pages. New Brunswick, 1894.
- 1997 **Sacco (F.)**. *L'apparato morenico del l'ago d'Iseo*. Extr. in-8°, 36 pages et 1 planche. Torino, 1894.
- 1998 **Sandberger (F. von.)**. *Notiz über Cyrena (Miodon) arata E. Forbes*. Extr. in-8°, 1 page. Würzburg, 1894.
- 1999 — *Bemerkungen über neue Landschnecken aus dem obermio-cänen Kalke von Steinheim, in Württemberg*. Extr. in-8°, 1 page. Würzburg, 1894.
- 2000 **Stefanescu (Gr.)**. *L'âge du Conglomérat de Sacel, Jud. Gorjiu*. Extr. in-8°, 4 pages. Paris, 1895.

Extraits des publications de la Société :

- 2001 **Bourdariat (A. J.)**. *Notes sur les alluvions aurifères de Grenade (Espagne)*. 9 pages. (1 exemplaire.)
- 2002 **Pergens**. *Les Bryozoaires du Sénonien de la Carrière de l'Arche de Lèves et les Bryozoaires du Sénonien de la Carrière de Cachemback*. 14 pages. (1 exemplaire.)
- 2003 **Stainier (X.)**. *Les Calcaires sont-ils aquifères en profondeur*. 3 pages. (1 exemplaire.)
- 2004 — *Le Cours de la Meuse depuis l'ère tertiaire*. 21 pages, 1 planche. (1 exemplaire.)
- 2005 **Storms (R.)**. *Troisième note sur les poissons du terrain rupelien*. 20 pages, 1 planche. (1 exemplaire.)
- 2006 **Van den Broeck (E.)**. *Mélanges géologiques, paléontologiques et hydrologiques*. 31 pages. (1 exemplaire.)
- 2007 **Verstraeten (Th.)**. *Examen hydrologique des bassins du Hoyoux et du Bocq*. 25 pages. (3 exemplaires.)
- 2008 **Lancaster (A.)**. *La Pluie en Belgique*. 1^{re} partie. Carte pluviométrique au 400,000, avec texte in-8°. Bruxelles, 1895.

Périodiques nouveaux :

- 2009 *Annales des Mines*, 8^e série, t. XI à XX, 1887 à 1891, 9^e série, t. I à VI, 1892 à 1894 et t. VII, 1895, nos 1, 2, 3, in-8°.
- 2010 *Société d'Histoire naturelle d'Autun*. 1^{er} Bulletin 1888 à VI^e Bulletin 1893, 7 vol. in-8°.
- 2011 *Società Reale di Napoli*. Atti, série 2, vol. I à VI, 1888 à 1894, 6 vol. in-4°.
- 2012 *Rendiconto*, 3^e série, vol. I, 1895, fasc. 1 à 3, 2 br. in-8°.

Akademie der Wissenschaften zu München.

2013 Sitzungsberichte der Mathem.-Physik. Classe, 1887 à 1894,
8 vol. in-8°.

2014 Abhandlungen, vol. XVII et XVIII, 1889 à 1895, 2 vol. in-4°.

2015 Ueber die Wege und Ziele der Hirnforschung von *N. Rudinger*,
br. in-4°.

2016 Ueber die Bedeutung wissenschaftlicher Ballonfahrten von
L. Sohncke, br. in-4°.

Académie des Sciences de Paris (Institut de France).

2017 Mémoires présentés par divers savants, t. I à XXXI, 31 vol.
in-4.

2018 Mémoires, t. V à XX et XXII à LXIV, 41 vol. in-4°.

2019 Recueil de Mémoires etc. relatifs à l'observation du Passage de
Vénus sur le Soleil, t. I à III, 9 vol. in-4°.

2020 Comptes rendus des Séances, t. 92 à 117, 1881 à 1893, 26 vol.
in-4°.

Akademie der Wissenschaften Wien (Mathem. Naturw. Classe).

2021 Sitzungsberichte, Abth. I, Band. CIII, 1894. Heft. I-X in-8°.

2022 Denkschriften. Band. LXI, 1894.

Kansas Academy of Science Topeka

2023 Transactions. — Vol. VIII à XIII (1881 à 1892).

*Naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande, Westfalens
und der Reg. Bezirks Osnabrück.*

1408 Verhandlungen, vol. 31 à 50, 1874 à 1893.

2024 Geologischen Reichs Museums in Leiden Band. I, 1837-89, in-8°.
Sammlungen, 2^{te} serie.

Communications des membres.

1^o M. L. BAYET expose le résultat de ses **Observations sur quelques dépôts tertiaires de l'Entre-Sambre-et-Meuse**, dont il a fait parvenir le résumé ci-joint :

M. Bayet résume un travail descriptif sur les dépôts tertiaires qui couronnent les sommets des collines situées sur la rive droite de l'Eau d'Heure, où il a observé, à côté de formations marines nettement définies, des dépôts qui ont dû se produire pendant les périodes d'exonda-

tion du sol, sous l'influence des grands phénomènes de la physique du globe.

Les formations post-bruxelliennes, dans cette partie de l'Entresambre-et-Meuse comme du reste dans l'Ardenne et dans le Condroz, y sont des plus remarquables. Constituées par un complexe hétérogène d'argile avec lignites, de sables avec cailloux roulés de quartz et de phanites carbonifériens, elles renferment également des lentilles de fer hydroxydé, qui ont donné lieu à d'importantes exploitations minières. Aussi, M. *Bayet* pense-t-il que des sources minérales ont dû intervenir et même jouer un rôle important à ce moment de l'ère tertiaire, tout en reconnaissant que les phénomènes sidérolithiques ont pu commencer plus tôt. Il est à remarquer que des géologues français admettent aussi l'intervention d'importants phénomènes thermominéraux à l'époque oligocène, lors du dépôt des formations sidérolithiques du Jura, de la Bourgogne, du Berri, etc.

L'assemblée vote l'impression du travail de M. *Bayet*, avec les figures qui l'accompagnent, aux *Mémoires*.

2^o M. *E. Dupont* donne lecture de la note suivante :

LA PARTIE BELGE

DE LA

CARTE GÉOLOGIQUE INTERNATIONALE DE L'EUROPE

PAR

M. E. Dupont.

En 1881, un congrès de géologie réuni à Bologne décidait l'exécution d'une carte géologique internationale de l'Europe.

On pouvait en effet entrevoir que le moment approchait où cette immense coordination allait s'effectuer dans les conditions qu'elle réclame à notre temps. Tous les États de l'Europe, ou peu s'en faut, avaient constitué un service géologique pour le levé de leur territoire et devaient être bientôt en mesure de fournir un canevas précis de la disposition des terrains dans cette partie du monde.

Déjà deux figurés des terrains européens, suivant leurs données chronologiques, avaient été faits jadis et simultanément par deux des plus hautes autorités de la science.

C'était en 1855. A l'occasion de l'Exposition de Paris, *Murchison* d'une part, *André Dumont* de l'autre, présentaient séparément une

carte géologique de l'Europe, et on se rappellera que l'œuvre de notre illustre compatriote, à l'échelle du 4 millionième environ, l'emporta sur sa concurrente devant le jury international appelé à les apprécier.

Les cartes d'Europe de 1855 expriment un étonnant effort de coordination pour l'époque où elles ont été faites. Mais ce que nous avons à admirer en elles plus encore, c'est la part personnelle que leurs auteurs ont prise à la connaissance d'une portion aussi étendue de la surface du globe.

Murchison, aidé par de Verneuil et de Kayserling, avait ébauché quelques années auparavant, dans une exploration célèbre, le levé de la Russie.

Dumont n'avait pas seulement levé la Belgique avec l'ampleur de vues, le détail et la précision qui font de sa Carte une œuvre de premier ordre dans l'histoire scientifique de notre pays. Il avait déjà tenté une coordination des éléments géologiques de notre territoire, de la Prusse rhénane et du nord de la France, et beaucoup d'entre nous s'en servent encore. Mais, pour ne pas laisser des blancs trop étendus sur sa carte d'Europe, il entreprit de grands voyages à Constantinople, en Grèce et en Sicile.

Aujourd'hui, quarante ans après, ce sont encore les seules cartes européennes que nous puissions utiliser.

La Carte internationale, décidée il y a quatorze ans, doit donc s'exécuter dans de tout autres conditions.

En voie de publication à Berlin à l'échelle du 1.500.000^e, par les soins d'une Commission et sous la direction de MM. Beyrich et Hauchecorne, elle est l'expression des levés que les différents services gouvernementaux ont fait, ou sont en train de faire.

Ses premières feuilles viennent de paraître et notamment celle qui, comprenant une partie des Monts Hercyniens et de la plaine du Nord, englobe presque tout notre pays.

A cette occasion, je désire vous dire dans quelles circonstances s'est fait le tracé géologique de la partie belge.

Chargé, en ma qualité de chef de notre Service de la carte géologique, de fournir à la Commission internationale le levé de notre région, je m'entendis avec mes collaborateurs pour exécuter ce figuré dans le sens de la coordination adoptée. Il fut envoyé à Berlin en 1885.

Suivant la répartition que nous nous étions faite pour l'exécution de la carte géologique de la Belgique à l'échelle du 20.000^e, le figuré pour la carte internationale fut fourni par les quatre monographes composant le Service : les terrains primaires sauf le terrain houiller par M. Dupont, le terrain houiller, le Trias et le Jurassique par

M. Purves, le Crétacé et l'Eocène par M. Rutot, l'Oligocène, le Miocène et le Pliocène par M. Van den Broeck.

C'est donc d'après ces travaux spéciaux et par l'emploi de la méthode monographique que les rapports entre les terrains belges et leurs congénères européens ont été établis, et il est le produit du Service de la Carte au 20.000^e dont les travaux ont été arrêtés à la même date de 1885 (1).

3^e M. E. Van den Broeck, au nom de M. Delheid, fait le dépôt d'une liste, qu'il accompagne de la communication suivante :

CONTRIBUTION PALÉONTOLOGIQUE

à l'étude de l'étage pliocène supérieur poederlien, à Anvers

PAR

Ed. Delheid.

M. E. Van den Broeck communique, de la part de notre confrère M. Ed. Delheid, la liste ci-contre des fossiles qui ont été recueillis par ce dernier dans les dépôts « poederliens » ou du niveau pliocène le plus supérieur mis à découvert dans les travaux du bassin *America*, à Anvers.

Avec l'assentiment de M. Delheid, M. Van den Broeck a adjoint à la liste quelques indications complémentaires dont les renseignements suivants montreront l'utilité pratique. Dans un travail intitulé : *Matériaux pour la connaissance des dépôts pliocènes supérieurs rencontrés*

(1) Depuis la présentation de la note ci-dessus de M. Ed. Dupont, une critique absolument injustifiée de M. G. Dewalque a été faite, à la séance du 19 janvier 1896 de la *Société géologique de Belgique*, contre certaines données de la partie belge de la Carte internationale d'Europe.

D'après M. Dewalque, un même horizon géologique aurait été colorié en jaune de chrome et comme **miocène supérieur** en Belgique, tandis qu'il se trouverait colorié en ocre jaune et comme **oligocène supérieur** en Allemagne, et cela parce que l'ancien Service de la carte belge aurait, à tort, séparé le *Boldérien* de Dumont des *lignites du Rhin* lors de la confection de la Carte internationale.

Une note fort précise de M. G. Dollfus Président de la Société géologique de France, publiée dans le n^o 380, ou de février, du *Geological Magazine* et, ensuite, la communication que j'ai faite le 25 février à la Société belge de Géologie, démontrent à l'évidence, et par le simple exposé des faits et des textes, que **la critique de M. G. Dewalque manque absolument de fondement**. Ces communications montrent de plus que c'est par suite d'une interprétation erronée, *toute personnelle et entièrement différente de celle de A. Dumont* sur la constitution de l'étage miocène boldérien de cet auteur, que M. Dewalque s'est si **singulièrement mépris** sur la question. (Note de M. E. Van den Broeck, ajoutée pendant l'impression du Procès-Verbal.)

dans les derniers travaux de creusement des bassins maritimes d'Anvers (*Bassin Africa ou Lefebvre*) et *Bassin America* (1), M. Van den Broeck a fourni une liste — la plus complète publiée jusqu'ici — des fossiles poederliens recueillis aux bassins *America* et *Africa*, ainsi qu'au gîte classique d'Austruweel, qui, à proximité des parages précédents, représente en toute évidence la continuité des mêmes couches terminales du Pliocène supérieur belge.

Dans ce même travail, M. Van den Broeck a fourni des listes supplémentaires (*Bull.* VI, Mém., p. 145 et 147) indiquant les espèces non signalées aux bassins ni à Austruweel, mais qui ont été recueillies à Calloo (rive gauche de l'Escaut), à Santhoven etc., dans la Campine anversoise, ainsi qu'à Doel, en face de Lillo et au N.-O. de Calloo. Ces divers gîtes avaient été considérés par M. *Van den Broeck* comme appartenant également à la faune poederlienne.

Il est donc intéressant, en confirmation de ces vues, de retrouver un certain nombre de ces espèces de Calloo, Doel, Santhoven et aussi d'Austruweel, dans le gisement poederlien typique des bassins.

Tel est le motif pour lequel, dans la liste ci-contre, on trouvera quelques indications spéciales, dont voici la clef :

Les espèces dont le nom est imprimé en **lettres grasses**, précédées d'un double astérisque, sont celles qui sont citées pour la première fois pour l'étage poederlien.

Dix-huit espèces de mollusques et un bryzoaire se trouvent dans ce cas et viennent compléter nos connaissances sur l'ensemble de la faune du Poederlien.

Les espèces dont le nom est précédé d'un astérisque n'avaient pas encore été obtenues dans les fouilles des nouveaux bassins *America* et *Africa* ; toutefois, celles dont l'astérisque est précédé de la lettre A étaient déjà connues dans le gîte dûment poederlien d'Austruweel. Neuf espèces de mollusques se trouvent dans ce cas.

Enfin, les espèces dont l'astérisque est précédé des lettres C D et S représentent les éléments nouveaux de confirmation de la thèse d'après laquelle M. Van den Broeck, dans son travail précité de 1889, rattachait au Poederlien les gîtes de Calloo, Doel et Santhoven (comme d'ailleurs les autres analogues de la Campine anversoise).

On constate notamment, à l'aide de la liste de M. Ed. Delheid, qu'une quinzaine d'espèces, que jusqu'ici l'on croyait localisées dans le gîte peu connu de Doel, se retrouvent dans le Poederlien typique de la région du bassin *America*.

(1) *Bull. Soc. belge de Géol., de Paléont. et d'Hydrol.*, tome VI, 1892, Mém., pp. 86-148.

LISTE DES FOSSILES RECUEILLIS PAR M. ED. DELHEID

DANS LES DÉPÔTS DE

L'ÉTAGE POEDERLIEN aux travaux du BASSIN AMÉRICA

SÉANCE DU 30 AVRIL 1895

59

Localités poederliennes	Énumération des espèces	Degré de rareté	Localités poederliennes	Énumération des espèces	Degré de rareté
A D	Gastropodes.		A	<i>Nassa labiosa</i> , Sow.	T. C.
	<i>Cassidaria bicatena</i> , Sow.			* <i>Nassa propinqua</i> , Sow.	C. R.
	* <i>Murex tortuosus</i> , Sow.			<i>Nassa primastica</i> , Brocc.	T. R.
	* <i>Murex muricatus</i> , Mont.			<i>Nassa</i> sp. ?	T. R.
	<i>Admete viridula</i> , Fabr.			<i>Nassa</i> (Plus, espèces non déterminées.)	
	<i>Acanthina tetragona</i> , Sow.			<i>Nassa</i> sp. ? ayant été habitée par un crustacé.	
	<i>Buccinopsis Dalei</i> , Sow.		D	* <i>Nassa incrassata</i> , Mull.	1 exemp.
	<i>Euccinum undatum</i> , L.			** <i>Nassa pygmaea</i> , Lk.	R.
	** <i>Cancellaria Lajonkairi</i> , Nyst.		DS	* <i>Columbella subulata</i> , Brocc	T. R.
	* <i>Cancellaria umbilicaris</i> , Brocc.			<i>Pleurotoma Antverpiensis</i> , E. Vinc.	T. C.
A C	* <i>Cancellaria mitraeformis</i> , Brocc.			<i>Pleurotoma</i> sp. ?	T. R.
	<i>Fusus gracilis</i> , Da Costa.		D	<i>Pleurotoma</i> , nov. sp. ?	T. R.
	» ayant été habitée par un crustacé de la fam. des Paguridés.			* <i>Pleurotoma perpulchra</i> , Wood.	T. R.
	<i>Fusus elegans</i> , Charlesw.			<i>Pleurotoma intorta</i> , Brocc.	T. R.
	<i>Chrysodomus contraria</i> , L.			<i>Pleurotoma costata</i> , Da Cost.	T. C.
	<i>Chrysodomus despecta</i> , L. var. <i>carinata</i>		DA	** <i>Pleurotoma modiola</i> , Jan.	T. R.
	» 1 ex. non caréné.		D	* <i>Clathrella Leufroyi</i> , Mich.	1 exemp.
	<i>Terebra inversa</i> , Nyst.			* <i>Pleurotoma emarginata</i> ? Dostow.	T. R.
	<i>Nassa reticosa</i> , Sow.		D	* <i>Pleurotoma brachystoma</i> , Phil.	R.
	<i>Nassa reticosa</i> , variété			<i>Hadropleura Delheidi</i> , E. Vinc.	T. R.
A	<i>Nassa consociata</i> , Sow.			<i>Drilla crassa</i> , A. Bell.	R.
	* <i>Nassa lamellilabra</i> , Nyst.			<i>Oligotoma festiva</i> , Hoernes	C.
				<i>Voluta Lamberti</i> , Sow.	C.

[illegible]

Localités poederliennes	Énumération des espèces	Degré de rareté	Localités poederliennes	Énumération des espèces	Degré de rareté	
	** Leda pygmaea , Munst. <i>Cardium Parkinsoni</i> , Sow. <i>Cardium decorticatum</i> , Wood <i>Cardium edule</i> , L. <i>Lucina borealis</i> , L. <i>Lucina decorata</i> , Wood. ** Lucina crenulata , Ald. <i>Diplodonta Woodi</i> , Nyst. <i>Diplodonta astartea</i> , Nyst. <i>Kellia coarctata</i> , Wood. * Kellia ambigua , Nyst. <i>Montacuta bidentata</i> , Mont. <i>Lepton deltoideum</i> , Wood. <i>Lepton</i> sp. ? ** Cyprina Islandica , L. ** Coralliophaga cyprinoides . ** Astarte corbuloides , Nyst. <i>Astarte incerta</i> , Wood. <i>Astarte obliquata</i> , Sow. <i>Astarte Omaliusi</i> , Laj. * Woodia digitaria , L. <i>Cardita scalaris</i> , Leath. <i>Cardita chamaeformis</i> , Leath. <i>Cardita orbicularis</i> , Leath. <i>Cardita</i> sp. ? <i>Venus ovata</i> , Penn. * Cytherea chione , L. * Cytherea rudis , Poli. <i>Dosinia exoleta</i> , L. <i>Tapes edulis</i> , Chemn.	i exemp. T. R. R. T. C. A. R. 2 exemp. 3 exemp. T. R. C. R. R. R. T. C. T. R. T. R. i exemp. C. R. R. T. R. A. C. C. A. R. A. C. R. A. C. T. R. T. R. A. C. T. R. A. C. T. R.	C	* Macra arcuata , Sow. <i>Macra solida</i> , Lin. <i>Tellina Benedeni</i> , Nyst. <i>Tellina obliqua</i> , Sow. * Tellina donacina , L. <i>Macoma prætenuis</i> , Leath. <i>Gastrea laminosa</i> , Sow. <i>Psammobia Ferrensis</i> , Chemn. <i>Teredo</i> (bois perforé). <i>Syndosmya alba</i> , Wood. <i>Ensis siliqua</i> , L. <i>Cultellus tenuis</i> , Phil. <i>Mya truncata</i> , L. <i>Corbula striata</i> , Walk, et Boys. <i>Corbula</i> sp. ? <i>Glycymeris angusta</i> , Nyst. <i>Corbulomya complanata</i> , Sow. <i>Panopaea Faujasi</i> , Men. de la Gr. ** Saxicava rugosa , L. <i>Saxicava arctica</i> , L. ** Saxicava plicata , Mont. <i>Periploma</i> sp. ? ** Thracia papyracea , Poli. ** Lina subauriculata , Mont. ** Cryptodon flexuosus , Mont. ** Yoldia semistriata , Wood.	R. A. C. T. C. R. A. R. i exemp. A. R. T. R. i fragm. R. T. C. A. R. T. R. T. C. T. R. T. C. T. R. R. T. R. 2exemp. 3exemp. i exemp. T. R. R.	
				Brachiopodes. <i>Lingula Dumortieri</i> , Nyst.	T. C.	

Localités poederliennes	Énumération des espèces	Degré de rareté	Localités poederliennes	Énumération des espèces	Degré de rareté
	Annélides. <i>Serpula</i> sp. ? <i>Ditrupa subulata</i> , Desh.	T. R. T. C.		Je crois avoir reconnu les genres suiv. : <i>Notidanus</i> , <i>Picnodus</i> , <i>Ancistrodon</i> , <i>Squatina</i> , <i>Galeocerdo</i> , <i>Enchodus</i> et des restes de <i>Hannovera aurata</i> , V. Beneden.	
	Mammifères terrestres. <i>Ursus</i> sp. ? (Tibia) <i>Rhinoceros</i> sp. ? (Phalangine) <i>Cervus</i> sp. ? (Fragm. de bois) —			Crustacés. Un assez grand nombre de pinces et des fragments de carapaces, que M. Stai- nier a promis d'étudier plus tard. <i>Balanus</i> sp. ?	A. C.
	Phoques. <i>Trichecodon Koninckii</i> , V. B. ? 2 phal. —			Echinodermes. <i>Cidaritis</i> et débris d'oursins	A. R.
	Delphinides. <i>Delphinus</i> sp. ? (1 humérus droit). <i>Delphinus</i> sp. ? (1 vertèbre caudale). —			Bryozoaires. **Cupularia denticulata , Conr. Beaucoup de bryozoaires ? qui n'ont pas été examinés jusqu'à présent.	A. C.
	Oiseaux. 2 humérus et 1 vertèbre d'espèces différentes. —			Anthozoaires. <i>Sphenotrochus intermedius</i> , Munst.	R.
	Poissons. Une assez grande quantité de dents et de vertèbres et d'otoolithes; des boucles et des fragm. de dents palléales de Raies.			Végétaux. <i>Fruits de conifères</i> (12 petits exemp.) <i>Bois</i> (Fragments).	R.

40 En l'absence de l'auteur, M. E. Van den Broeck résume le travail de M. J. LORIE, Sur l'**Évolution de la Meuse et de l'Escaut**.

Cette étude est la continuation de celles commencées par notre confrère M. E. Van Overloop dont la première partie « Les Origines du Bassin de l'Escaut » a été offerte aux membres de la Société.

L'assemblée décide l'impression de ce travail aux *Mémoires*, avec les deux planches qui l'accompagnent.

5° M. E. de Munck fait parvenir les deux lettres suivantes sur les **récents tremblements de terre ressentis dans le Hainaut**.

Bruxelles, le 20 avril 1895.

A Messieurs

les Président et Membres de la Société belge de Géologie.

MESSIEURS ET CHERS CONFRÈRES,

S'il faut en croire les journaux, de nouvelles oscillations du sol seraient survenues le 16 avril passé au matin, non seulement à Havré où, en 1887, il m'avait été donné de recueillir à ce sujet d'intéressantes dépositions, mais à Nimy, Ghlin, Obourg, Casteau, Boussoit, Thieu, Thieusies, Bracquengnies et La Louvière.

Lors de mon enquête de 1887, soumise à la Société belge de Géologie (voir *Bulletin*, t. I, 1887. — *Mémoires*, séances des 26 octobre, 30 novembre et 18 décembre), je m'étais livré à différentes hypothèses au sujet des causes auxquelles les oscillations auraient pu être attribuées et, discutant moi-même l'une de ces hypothèses, basée sur la possibilité d'un mouvement de terrain causé par les exploitations houillères, je faisais observer, qu'à mon humble avis, il aurait fallu un effondrement colossal de terrain, un véritable cataclysme pour produire des oscillations et des grondements souterrains, tels que ceux observés à Havré — en février, septembre, octobre et novembre 1887 — dans une région mesurant environ 2200 mètres de longueur.

Aujourd'hui les correspondants de nos journaux semblent attribuer, sans hésiter, les oscillations du sol survenues le 16 avril, dans une région ne comprenant pas moins de 10 communes, à des *mouvements souterrains provoqués par de nombreuses exploitations minières*.

Sans vouloir me hasarder à discuter cette question, faute d'observations personnellement faites dans la région éprouvée et surtout faute de documents d'ordre industriel qu'il faudrait pouvoir consulter, je ferai cependant observer que sur les 10 communes citées plus haut *il en*

est 4 qui ne possèdent pas de houillères. Ce sont : Nimy, Obourg, Casteau et Thieusies. Il faudrait donc admettre, suivant l'hypothèse des dits correspondants, que le phénomène d'oscillation qui a si *uniformément* éprouvé une région relativement fort étendue et comprenant 10 communes, a été la cause d'accidents survenus dans les houillères de 6 localités seulement ou même de quelqu'une d'entre elles. Il y a là, à première vue, une sorte de disproportion qu'il faudrait expliquer. Enfin n'y aurait-il pas à étudier sérieusement, au point de vue géologique, le plus possible dans les moindres détails, le terrain houiller du bassin du Centre, et sa grande dépression, que comblent les assises secondaires et tertiaires, au travers desquelles la Haine a creusé sa vallée?

Cette étude peut-être ferait-elle découvrir des points faibles dans les séries de couches, des parties ébranlables, sensibles au moindre accident, tassement, effondrement, etc. dû à l'action humaine, au déhouillement par exemple.

Ce sont là de simples questions que je pose, dans l'espoir de déterminer une discussion au sein de la Société belge de Géologie ou pour attirer son attention sur des faits qui, me semble-t-il, mériteraient de faire l'objet d'une enquête minutieuse, d'une étude approfondie (1).

Veuillez agréer, etc.

EM. DE MUNCK.

Bruxelles, le 27 avril 1895.

*A Messieurs
les Président et Membres de la Société Belge de Géologie.*

MESSIEURS ET CHERS CONFRÈRES,

La lettre que j'avais l'honneur d'adresser à notre Société, le 20 de ce mois, était à peine parvenue aux mains de notre Secrétaire que le *National* (N° du 22 avril) publiait la note suivante :

« *Dans le Borinage.* — De notre correspondant de Mons, 21 avril :

Les mouvements du sol n'ont pas disparu dans le Borinage. A Quaregnon, aux confins de la commune de Flénu, les terrains s'affaissent

(1) Tout en admettant la possibilité d'une simple coïncidence, je crois utile cependant de noter ici que, d'après les journaux, de violentes secousses terrestres se sont produites en Italie et en Autriche, dans la nuit du 15 au 16 avril. Or c'est précisément le 16 avril, au matin, qu'on eut lieu les dernières oscillations du sol dans le Hainaut.

d'une façon inquiétante, sur une grande étendue de territoire, ébranlant et lézardant les habitations.

Les propriétaires, malheureusement, n'ont aucun recours à exercer, la Société charbonnière de Belle-et-Bonne, qui exploitait le sous-sol à cet endroit ayant disparu. »

Les correspondants de nos journaux persistent donc à considérer les oscillations du sol survenues dans le Hainaut comme étant une conséquence des exploitations minières. Cependant aucune enquête sérieuse n'a été faite sur cette grave question. Certes, *à priori*, l'on serait tenté d'endosser toutes les responsabilités aux sociétés charbonnières. Mais il me semble qu'avant tout il faudrait contrôler scientifiquement et très impartialement les faits afin que, si responsabilité il y a, chacun puisse en assumer la part plus ou moins grande qui lui revient.

Evidemment c'est à l'autorité supérieure, au Corps des Mines, à prendre l'initiative d'une telle enquête. Mais rien n'empêche, me paraît-il, qu'une Société comme la nôtre, spécialement compétente en matière de géologie et qui a déjà rendu de si utiles services à la chose publique, soit consultée.

E. DE MUNCK.

Annexe aux lettres de M. E. De Munck.

On lit dans le *Patriote* du 18 avril 1895 :

LE TREMBLEMENT DE TERRE EN AUTRICHE. — Laybach, le 16 avril :

Dans le district de Stein, les églises et les écoles ont été pour la plupart endommagées par le tremblement de terre de lundi. Beaucoup de bétail a péri.

Les dégâts sont évalués à 100,000 florins.

A Vodice, beaucoup de maisons se sont écroulées.

DANS LE CENTRE. — LES MOUVEMENTS SOUTERRAINS. — De notre correspondant, le 17 :

Toute la partie du bassin du Centre comprise entre le Sud et l'Ouest est en ce moment minée par les mouvements souterrains provoqués par les nombreuses exploitations minières.

Hier matin, mardi, de légères oscillations de terrains, qui ont tout au plus duré quelques secondes, ont été constatées dans les communes de Nimy, Ghlin, Obourg, Casteau, Havré, Boussoit, Thieu et Thieu-sies, soit dans un rayon de dix kilomètres environ, sans toutefois occasionner de graves dégâts.

A Bracquagnies et à Thieu, on constate également de nombreux effets de trépidation souterraine.

Les installations du canal du Centre sont en danger.

L'ascenseur n° 1 du canal de la Louvière, à Houdeng, a reçu également un fameux accroc. Une équipe d'une centaine d'ouvriers environ est occupée en ce moment à la réfection du mur de soutènement du gigantesque édifice, qui menaçait de sombrer.

Dans le centre de la ville de La Louvière, les dégâts produits aux habitations particulières et aux édifices publics sont très considérables.

Dans le courant de la semaine dernière, au quartier du « Mitant des camps », sous La Louvière, deux maisons d'ouvriers s'effondraient en partie, mettant en pièces le pauvre mobilier des occupants, heureusement absents en ce moment.

L'heure avancée ne permettant pas d'aborder la suite de l'ordre du jour, la communication de M. L. Dollo, sur l'Origine des Vertébrés terrestres, est remise à une prochaine séance.

NOUVELLES ET INFORMATIONS DIVERSES

Sur la variation de la composition de l'eau des lacs avec la profondeur et suivant les saisons.

M. Daubrée a présenté à l'Académie des sciences de Paris une note de M. A. DELEBECQUE montrant que, pendant la saison chaude, la composition chimique de l'eau des lacs n'est pas la même à la surface et dans les profondeurs, tandis que pendant l'hiver, les différences tendent à s'atténuer.

D'après des dosages effectués sur les eaux des lacs de la frontière franco-suisse, eaux prises à la surface et au fond, il résulte que les eaux de surface sont sensiblement moins chargées de sels (résidu fixe) que celles du fond. La différence est de 1 à 3 centigrammes par litre. En hiver cette différence est beaucoup moindre.

Il a été reconnu, en outre, que les écarts portent principalement sur la chaux, tandis que la quantité de magnésie reste rigoureusement la même, tant à la surface qu'au fond, en été comme en hiver.

L'auteur croit que parmi les causes de décalcification des couches supérieures de l'eau, il faut compter celle produite par la vie organique.

Cette décalcification est surtout énergique jusqu'à la profondeur de 15 mètres et elle est plus sensible dans les lacs petits et encaissés que dans les grands lacs. Dans les petits lacs encaissés, le titre des eaux de surface peut être amené aux $\frac{2}{3}$ de celui des eaux profondes.

D'autre part, il a encore été constaté que l'eau de l'émissaire du lac a la même composition que l'eau de surface et que la convection verticale, due au refroidissement automnal, rend aux eaux des lacs une composition uniforme. Pendant

l'hiver cette uniformité persiste, mais la teneur en matières dissoutes augmente jusqu'au printemps dans l'ensemble du lac, probablement par ce fait que les eaux des affluents sont en général un peu plus chargées que celles des lacs.

(Extr. *C. R. Acad. Sciences de Paris.*)

Sur la température des cavernes.

M. *Martel* dit qu'il résulte d'un millier d'observations thermométriques faites dans les différents pays à cavernes de l'Europe, que la température des cavités naturelles souterraines n'est pas partout égale à la température moyenne annuelle du lieu.

C'est ainsi qu'il a été reconnu :

1° Que la température de l'air des cavernes n'est pas constante.

2° Que la température n'est pas uniforme dans les diverses parties d'une même cavité.

3° Que la température de l'eau des cavernes est sujette aux mêmes variations et dissemblances que celles de l'air.

4° Que la température de l'eau et celle de l'air dans les cavernes sont souvent discordantes.

Les principales causes de ces anomalies sont la fissuration des terrains, la forme des cavités, les différences de densité de l'air suivant la température, l'influence de l'eau pouvant refroidir l'air par évaporation rapide dans les suintements, ou pouvant réchauffer l'air par engouffrement d'eaux extérieures surchauffées.

(Ibid.)

Recherches sur les épanchements boueux.

Notre confrère M. *Stanislas Meunier*, à propos de la catastrophe de Saint-Gervais, a fait des recherches expérimentales au sujet des épanchements boueux.

Il a observé les phénomènes qui se passent, la manière de se comporter de la coulée de boue, la façon dont elle avance, dont elle transporte des blocs rocheux, etc.; et de là, il a tiré quelques conclusions qui peuvent avoir leur importance dans l'étude des régions à dépôts glaciaires.

C'est ainsi qu'il est démontré que les courants boueux peuvent transporter au loin des blocs de roches. Si, plus tard, la boue vient à être délavée par les pluies, celles-ci disparaissent peu à peu, il ne reste plus, en définitive, que les blocs isolés que l'on peut prendre pour des blocs erratiques amenés par des glaciers.

Beaucoup de vallées sont encombrées de boues à pierrailles, que l'on considère généralement en connexion immédiate avec l'extension des anciens glaciers; un certain nombre de cas pourront sans doute être rapportés à des épanchements boueux indépendants de l'action directe des glaciers.

Enfin dans ces études il y aura toujours lieu d'étudier le fond des formations, les cours d'eau et les glaciers, affouillant le sol sous-jacent, tandis que les épanchements boueux ne forment ni affouillement ni érosion.

(Ibid.)

SÉANCE MENSUELLE DE MAI

REMISE AU 4 JUIN 1895

Présidence de M. L. Dollo, Président.

En ouvrant la séance, M. le Président annonce la nomination de M. J. Gosselet, ancien président de la Société, professeur à la Faculté des Sciences de Lille, comme Officier de la Légion d'Honneur. Il croit avoir été l'interprète de tous les membres en lui adressant un télégramme de félicitations. (*Applaudissements.*)

Correspondance.

M. Ch. Barrois, président de la *Société géologique du Nord*, remercie, au nom de cette Société, pour les félicitations que nous lui avons adressées à l'occasion du 25^e anniversaire de sa fondation.

L'Académie des Sciences de Berlin,
L'Académie des Sciences naturelles de Philadelphie,
La Société de Géographie de Londres,
L'Association de Biographie marine de Plymouth,
L'Académie des Sciences naturelles de Catane,
L'Académie des Sciences du Kansas,
La Société géologique allemande à Berlin,
La Société impériale des Naturalistes de Moscou,
La Société vaudoise des Sciences naturelles à Lausanne,
Et le journal « Science » de New-York

acceptent l'échange demandé et annoncent l'envoi de leurs publications.

La Société belge des Ingénieurs et des Industriels à Bruxelles demande l'échange. Accepté à partir du tome IX (1895).

L'assemblée délègue M. le Dr V. Jacques et M. E. de Munck pour représenter la Société au Congrès archéologique de Tournai.

Dons et envois reçus (*Abstraction faite des Périodiques ordinaires*).

1^o De la part des auteurs :

2025 **Bisogni (Ch.)**. *Sur la correspondance anatomique du groupe glandulaire sous-lingual avec les plaques jugulaires dans les serpents non venimeux*. Extr. in-8°, 4 pages, 1 pl. Leipzig, 1895.

- 2026 **Dawson (W.)**. *On New Species of Cretaceous Hants from Vancouver Island*. Extr. in-4°, 20 pages, 9 pl. 1893.
- 2027 — *Synopsis of the Air-breathing Animals of the Palæozoic in Canada, up to 1894*. Extr. in-4°, 18 pages, 1894.
- 2028 — *Revision of the Bivalve Mollusks of the Coal-Formation of Nova Scotia*. Extr. in-8°, 18 pages, Montreal, 1894.
- 2029 **Sandberger (F. von)**. *Ueber Blei- und Fahlerz-Gänge in des Gegend von Weilmünster und Runkel in Nassau*. Extr. in-8°, 9 pages, München, 1895.

Extraits des publications de la Société :

- 2030 **Bertrand (M.)**. *Les lignes directrices de la géologie de la France*, 34 pages (2 exemplaires).
- 2031 **Blanchart (C.)**. *Note sur la présence de l'eau dans les calcaires*, 15 pages, 1 pl. (2 exemplaires).
- 2032 **Briart (A.)**. *Note sur la période hesbayenne et note sur les divergences de vues dans la distinction des limons quaternaires*, 8 pages (2 exemplaires).
- 2033 **Davison (Ch.)**. *On Snow-Drift Deposits*, 9 pages (2 exemplaires).
- 2034 **Klement (C.)**. *Sur l'origine de la dolomie dans les formations sédimentaires*, 23 pages (2 exemplaires).
- 2035 **Meunier (S.)**. *Étude critique sur l'extension des anciens glaciers dans l'Europe occidentale*, 9 pages (2 exemplaires).
- 2036 **Pergens (Ed.)**. *Note sur l'identification et la séparation des espèces dans le groupe des bryozoaires*, 4 pages (2 exemplaires).

Périodiques nouveaux :

Kon. Akademie van Wetensch. te Amsterdam.

- 2037 *Verhandelingen*, 2° sect., deel I, II, III.
- 2038 *Verslagen*, deel I, II, III.
- 2039 *Jaarboek voor 1894*.

Marine Biological Association of the Unit. Kingdom Plymouth.

- 2040 *Journal*, vol. I à III et IV, nos 1, 2.

Société de l'Industrie minérale à Saint-Etienne.

- 2041 *Comptes rendus*, 1845, Janvier à Mai.
- 2042 *Bulletin*, 3° série, t. VIII, livr. 4, t. IX, livr. 1.

Société de Géographie de Paris.

2043 Comptes rendus, 1895, n° 6.

2044 Bulletin, 7^e série, t. XVI, 1^{er} trim.*Société française de minéralogie à Paris.*

2045 Bulletin, t. X à XVII.

*Société d'Histoire naturelle des Ardennes, à Charleville.*2046 Bulletin, t. I^{er}.*Journal " Science, " à New-York.*

2047 New Serie, vol. I, n° 18.

Royal Society London.

2048 Proceedings, vol. LVIII, n° 349.

Présentation et élection de membres.

Sont élus en qualité de membres effectifs, par le vote unanime de l'assemblée :

MM. ÉMILE LEFÈVRE, lieutenant du Génie, Répétiteur à l'École militaire, 166, avenue d'Auderghem, à Etterbeek.

CHARLES SLAGHMUYLDER, Ingénieur aux chemins de fer de l'État, 51, rue Saint-Bernard, à Saint-Gilles-Bruxelles.

Communications des membres.

1^o M. L. DOLLO. — J.-D. Dana (1813-1895).

M. le Président porte à la connaissance de l'assemblée la nouvelle de la mort de l'illustre géologue américain J.-D. Dana, professeur à Yale College, New-Haven (États-Unis), — et membre honoraire de notre Société.

Il insiste sur la perte irréparable que la Science vient de faire par la disparition du Nestor des naturalistes du Nouveau Monde et retrace la brillante carrière de ce savant.

Il appelle spécialement l'attention sur la belle notice nécrologique (accompagnée d'un magnifique portrait) qui a paru dans *The American Journal of Science* (1895, vol. 49), dont J.-D. Dana était l'éditeur, — notice due à la plume du fils de ce célèbre investigateur, M. E.-S. Dana, qui est lui-même un minéralogiste distingué.

2° M. E. Van den Broeck, en l'absence de l'auteur, donne lecture du travail suivant :

QUELQUES MOTS DE RAPPEL

AU

SUJET DE L'HYDROLOGIE DU BASSIN DE L'ESCAUT

PAR

E. Van Overloop.

Lorsque j'ai publié mon travail sur les origines du Bassin de l'Escaut (1), je n'entendais pas faire, à proprement parler, œuvre scientifique, mais condenser seulement une série d'observations, recueillies de façon quelque peu empirique, et les remettre en des mains plus compétentes, qui pourraient peut-être en tirer quelque profit.

J'ai donc fait appel principalement aux géologues, demandant leur avis sur les idées générales que j'avais émises et réclamant leurs lumières pour en vérifier l'application, non plus d'après des cartes, mais sur le terrain même.

L'idée générale a paru sourire à un certain nombre de personnes d'une autorité scientifique telle que je puis, me semble-t-il, me bercer de l'espoir d'avoir frappé juste.

Quant aux vérifications sur place, elles se font attendre davantage. Notre honorable confrère, le Dr Lorie, d'Utrecht, est seul, je pense, à s'en être occupé jusqu'ici. Mais, en revanche, il l'a fait, lui, avec une telle ardeur, il a groupé autour de l'idée première des vues personnelles d'une si réelle valeur, que son exemple, j'aime à le croire, pourrait bien franchir la frontière et déterminer finalement en Belgique quelque élan du même genre.

Je remarque toutefois que, dans le travail que le Dr Lorie a fait paraître l'an dernier dans le *Journal de la Société royale de Géographie des Pays-Bas*, l'auteur s'est mépris sur la portée de plusieurs de mes observations; d'autre part, il a cru découvrir entre nous certains

(1) *Les origines du Bassin supérieur de l'Escaut*, avec une planche et deux cartes, par EUGÈNE VAN OVERLOOP, Bruxelles, Hayez, 1889.

désaccords sur des points, au sujet desquels je partage, au contraire, tout à fait ses vues ; il paraît mettre enfin sur le même pied les observations que je regarde comme fondamentales et certains traits de détail, suggérés plutôt qu'affirmés, dont le maintien ou la suppression ont relativement peu d'importance pour la théorie elle-même.

Je crois donc bien faire de résumer en quelques mots mes observations principales, de manière que ma pensée apparaisse plus clairement et que la critique puisse en être faite avec d'autant plus de facilité.

Les principaux affluents de la rive droite de l'Escaut n'ont pas creusé toute leur vallée d'une façon indépendante du fleuve ; et celui-ci, de son côté, n'a pas constamment coulé dans le lit que nous le voyons occuper aujourd'hui. Tels sont les deux faits que j'essaie de constater.

L'Escaut prenant sa source au-dessous de la cote 100, alors qu'il s'encaisse entre des plateaux notablement plus élevés, ne put être l'unique artisan du creusement de sa vallée. Il ne fut, en effet, que le continuateur d'un grand courant fluvial, dont les traces demeurent encore très nettes et dont l'évolution^{*} se relie si naturellement à celle de l'Escaut, que je n'ai pas hésité à la placer sous le nom de ce dernier, comme une sorte de prologue.

Ce courant ne cessa guère d'occuper, en France, la direction générale S. O.-N. E., dans laquelle l'Escaut s'est maintenu, à son tour, entre Cambrai et Condé. Mais, parvenu à la hauteur de cette dernière ville, au lieu de s'infléchir vers l'Ouest, il poursuivait sa course en droite ligne, suivant un tracé dont je retrouve les jalons dans les îlots du Rœulx et du bois de la Houssière (p. 22).

Nous voyons, dès le début, les eaux fluviales tendre à se déplacer latéralement vers l'Ouest. Toutefois elles conservèrent longtemps la direction générale que nous venons de dire, puisque, sous ce régime, le travail d'érosion se poursuivait sur quarante mètres de profondeur.

Vers la fin de cette période, la rive droite du fleuve avait reculé du côté de l'Ouest jusqu'à passer à peu près par dessus l'emplacement de la ville de Mons, abandonnant à la Haine et à la Trouille le bassin secondaire à l'Est de cette ville. J'ai fait remarquer qu'un superbe témoin de l'ancienne action des eaux se dresse encore là, dominant le confluent des deux rivières : c'est le mont Panisel, qui débuta à cette époque, comme modeste îlot fluvial et dont le plateau supérieur porte la cote 107 comme une date de naissance.

Cependant le fleuve continuait à reculer vers l'Ouest, se créant successivement dans cette direction de nouveaux lits, où se transportait bientôt le siège principal de son action, tandis que les anciens lits

s'appauvrirent peu à peu et, privés d'une alimentation qui leur eût permis d'épouser les progrès du creusement général, finissaient par tarir, en laissant se confondre dans un massif unique les terres qu'ils tenaient séparées autrefois.

Les affluents de la rive droite, rencontrant tout d'abord ces lits destinés à finir, contribuaient à leur conserver pendant quelque temps un reste d'activité. Tel fut le cas notamment pour la Haine. Mais, soit que le volume de ses eaux ne fût point assez puissant pour se maintenir dans le thalweg délaissé, soit que l'activité de creusement du fleuve, reportée vers l'Ouest, y constituât un appel plus pressant, la rivière, à son tour, cessa d'enfiler les anciens lits et, les recoupant, au contraire, suivit le fleuve comme à la piste jusqu'à l'endroit du confluent actuel.

Nous retrouvons cette phase de poursuite dans l'histoire de la Senne. Celle-ci n'était, tout d'abord, qu'un petit affluent du courant principal qui passait encore non loin de sa source. Au fur et à mesure que ce courant principal opéra sa retraite vers le Nord-Ouest, la Senne le suivit dans la même direction. Le confluent se déplaça successivement de la sorte jusqu'à Horrues. Mais, à la différence de ce que nous avons vu pour la Haine, cette opération finit par s'arrêter. A certain moment, le travail d'érosion prit une allure telle que les communications du fleuve et de la Senne se trouvèrent notablement affaiblies. Cette dernière, laissée en possession de l'ancien lit fluvial, s'y maintint assez longtemps pour que les passes de communication encore subsistantes arrivassent à former seuil. Devenue par là même indépendante, la Senne reprit définitivement pour son compte l'ancienne vallée du fleuve, qu'elle put se borner dès lors à remanier et à approfondir.

Ainsi prit fin cette période, que j'ai cru pouvoir appeler période de la Senne.

Le bassin de la Dendre nous présente une histoire analogue : les eaux de l'Escaut en ébauchèrent les grandes lignes, pour se retirer ensuite progressivement vers l'Ouest, comme elles l'avaient fait pour le bassin de la Senne, laissant la rivière et ses affluents compléter le relief de la contrée. C'est ce que j'ai nommé la période de la Dendre, dont le moment le plus caractéristique fut celui où les eaux fluviales prenaient leur cours principal par la passe de Belœil. Elles passaient de là sur Chièvres, à l'est d'Ath, suivant un tracé absolument parallèle au cours actuel de la Dendre, entre Ath et Grammont.

C'est à la cote 61 que se ferme la passe de Belœil, après quoi se trouva bientôt consommé le grand rejet du fleuve vers le Nord-Ouest, dans la direction de Tournai.

Ajoutons que j'ai essayé d'établir certaines concordances entre les périodes que je viens d'indiquer et les fluctuations que subit en France le grand courant scaldisien jusqu'au moment où la série de ses déplacements lui fit atteindre à peu près Condé (p. 33, 34).

Tout le principe de mon travail se trouve exprimé dans les exemples que je viens de citer. Ceux que j'ai relevés dans le reste du pays ne font que confirmer les mêmes processus, avec des variantes plus ou moins importantes.

Je signalerai cependant parmi eux la façon très typique dont se sont formées progressivement les rivières qui se confondent dans le Rupel, ainsi que le Rupel lui-même.

Il faut se reporter pour cela à l'époque où l'Escaut, venant de la région de Gand, coulait vers l'Est, en se maintenant un peu au Nord d'Alost, puis de Vilvorde et de Louvain (p. 46-51). La rive droite du fleuve se dirigeait ensuite vers le Bockenbergh au S.-E. de Diest, et rencontrait le Démer non loin de Hasselt. Elle se repliait ensuite vers le Bolderberg, qu'elle contournait et, décrivant dans la région de l'Est une immense courbe, allait rejoindre la Meuse au Nord du Limbourg hollandais.

J'ai tâché de faire ressortir les diverses phases par lesquelles l'Escaut fut amené de cette ancienne ampleur à son tracé actuel. Cette évolution fut commandée en grande partie par la progression d'Est en Ouest, et parallèlement à notre frontière Nord, d'une sorte de crête, qui s'avança comme un coin entre la Meuse et l'Escaut, retardant l'instant de leur jonction et reportant de plus en plus vers l'Ouest l'endroit où l'Escaut pouvait s'échapper vers les Pays-Bas. Au sein de l'immense cirque ainsi formé, l'Escaut, dans un mouvement comparable à celui d'un filet qu'on ramène, rétrécit de proche en proche la boucle qu'il y décrivait. Toutes les rivières, qui débouchaient sur sa rive droite, s'allongèrent à sa suite, comme nous l'avons dit déjà pour d'autres affluents. Elles arrivèrent, vers la fin du mouvement, à se jeter toutes dans un bras du fleuve venant de Malderen, passant par Capelle-au-Bois et dont le Rupel actuel représente encore la section qui faisait retour vers le Nord-Ouest. Par suite de l'obstruction de certaines passes, ce bras s'atrophia en tant que bras de l'Escaut. La section en amont du confluent du Démer et de la Nèthe se perdit comme cours d'eau, tandis que la section d'aval se maintint, grâce à l'apport des rivières : c'est ce tronçon de l'ancien Escaut qu'on nomme le Rupel.

Je n'ai parlé jusqu'ici que des affluents de la rive droite de l'Escaut.

Ce qui s'est passé sur la rive gauche est, en général, beaucoup moins clair. L'intérêt principal y réside dans les déplacements de la Lys.

Le confluent de cette rivière avec l'Escaut s'est opéré durant une longue période, non pas à Gand, mais au Sud de Deynze, à la pointe du promontoire que domine Cruyshautem (p. 69). Cette pointe, au cours du creusement, s'est allongée constamment vers le Nord-Nord-Est, mais avec une extrême lenteur. Entre les cotes 14 et 12, au contraire, nous la voyons tout à coup s'avancer de 3800 mètres vers le Nord et venir toucher à peu près le territoire de la ville de Deynze. Un recul aussi brusque et aussi étendu inaugure certainement une phase nouvelle dans le régime des eaux : à cette phase appartient la région à faible relief qui s'étend depuis Deynze jusqu'à Gand et qui ne représente, en somme, que l'allongement progressif de la presque confluenta des deux cours d'eau.

Sur la rive gauche de la Lys, l'évolution, très enchevêtrée, n'en demeure pas moins subordonnée à un phénomène d'ensemble formant une singulière contre-partie de ce que nous avons signalé pour l'Escaut dans la région de l'Est.

À la cote 40, en effet, la Lys, ou du moins un bras occidental, s'élevant des environs de Warneton, s'échappait à l'Ouest de Roulers par Staden : c'est ce que marque encore fort bien la série des petits îlots échelonnés entre Moorslede et Dixmude. Mais, à mesure que se creusait la vallée, une langue de terre, appuyée au massif montagneux du sud d'Ypres, fit un allongement très net vers le Nord-Est, puis vers l'Est, décrivant de la sorte un arc de cercle bien régulier, qui s'étendit finalement depuis Messines jusque Moerbeke (Waes).

Cet accroissement de terres contraria de plus en plus la tendance de la Lys à déverser une partie de ses eaux vers le Nord-Ouest. Celles-ci ne trouvent bientôt plus à s'écouler qu'à l'Est de Roulers. Une nouvelle poussée consacre l'indépendance du bassin de la Mandel. Les passages vers le Nord continuent à s'encombrer d'îlots et de saillies de la rive. Pour rencontrer le premier, il faut, à la cote 20, pousser jusqu'au village d'Aeltre. Le bassin du ruisseau de Poucques s'ébauche et bientôt se dégage complètement.

Les eaux de la Lys doublent maintenant la pointe d'Aeltre et se dirigent vers Oostcamp, suivant le tracé du canal de Bruges à Gand. Elles s'y maintiennent sur un approfondissement de cinq mètres, de la cote 20 à la cote 15.

L'étape suivante amène le bras le plus occidental de la rivière jusque près de Deynze. Arrivé là, il tourne vers le Nord et se dirige vers Somergem, en suivant le canal de Schipdonck : de longs îlots jalonnent

bien clairement cette voie d'écoulement. En dérivant les eaux de la Lys vers Adegem, nos ingénieurs n'ont donc fait que restituer à la rivière un de ses anciens bras.

Celui-ci se maintint définitivement dans cette direction jusqu'à la hauteur de Merendré. Arrivé là, il eut à subir à son tour, de même que les anciens bras occidentaux, la poussée des terres qui continuaient à s'avancer de l'Ouest. On le voit, à la côte 10, s'échapper au Nord-Est vers Eetvelde, maintenu par un chapelet d'îlots, auquel il manque bien peu de chose pour former une barre continue.

Deux mètres plus bas, la Lys s'écoule par Selzaete, suivant la direction du canal de Terneuzen. La cote 7 la reporte jusqu'au Nord de Wachtebeke, où elle se fraie passage dans une dépression, dont on a profité pour établir le canal de Langelede. De nouveaux rejets nous la montreront, passant par le canal d'Axel, puis par celui de Stekene, jusqu'à ce que l'interruption de ce dernier passage l'eut forcée à contourner le pays de Waes au Midi, ce qu'elle exécute encore de nos jours, mais désormais sous le nom de Durme.

Je n'insisterai pas sur l'explication qu'une interprétation analogue m'a permis de donner de la formation d'autres cours d'eau. Il me paraît préférable, pour obtenir un jugement sur les principes que j'ai posés, de n'appeler l'attention que sur quelques points précis, plutôt que de l'éparpiller, en cédant à la tentation de vouloir paraître plus complet. Au surplus, ma brochure est là pour en dire plus long aux lecteurs que la chose intéresserait.

C'est à cet examen que j'ose convier de nouveau nos géologues et plus spécialement les membres de notre Société, qui ont accueilli déjà mes précédentes communications avec tant de bienveillance.

3° M. L. DOLLO. — **L'Origine des Vertébrés terrestres.**

Dans l'état présent de nos connaissances, l'auteur croit qu'il y a lieu de rechercher l'origine des Vertébrés terrestres dans les Stégocéphales, et la souche de ce dernier groupe dans les Crossoptérygiens.

C'est ce qu'il explique en détail, en s'aidant de figures au tableau noir.

4° M. J. Hans fait la communication suivante :

LA BASE DE L'ÉTUDE HYDROLOGIQUE DE LA BELGIQUE

—

Quelques résultats tirés de l'étude de la Carte pluviométrique

PAR

J. Hans

Ingénieur des Ponts et Chaussées

La communication suivante a pour objet de faire connaître les résultats de quelques calculs faits à l'aide de la carte pluviométrique de M. Lancaster.

J'ai mesuré à l'aide du planimètre d'Amsler, avec le plus de précision possible, les différentes zones de pluies de la carte pluviométrique; j'en ai ainsi déterminé les superficies. En multipliant chacune de ces surfaces par la moyenne des précipitations annuelles tombant sur chaque zone, je suis arrivé à calculer le volume total des eaux tombant sur le territoire de la Belgique. Le détail de ces surfaces et de ces volumes est renseigné au tableau ci-après (tableau I).

L'abondance annuelle de ces précipitations s'élève au cube de 22,211,920,000 m³, ce qui équivaut en moyenne à une chute d'eau annuelle de 754 millimètres en tous les points du territoire. Le résultat donné par l'Observatoire pour Bruxelles ne diffère pas beaucoup de la précipitation moyenne qui se produirait en chaque point du territoire en cas de répartition régulière des pluies.

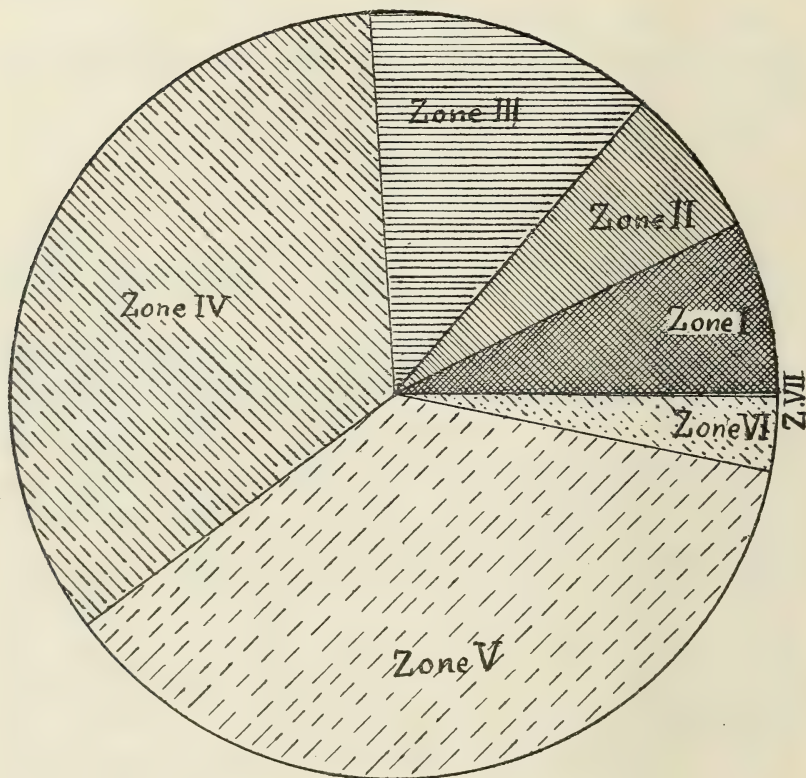
Les résultats de ces calculs ont ensuite été réunis en sept groupes d'après l'importance des précipitations qui se produisent dans les diverses zones de pluie; la moyenne annuelle dans chaque groupe varie de 100 en 100 millimètres, le premier groupe comprenant les régions où les chutes pluviales dépassent un mètre. Le résultat de ce groupement se trouve dans le tableau suivant (tableau II) où j'ai, en outre, ajouté le volume tombant par hectare-an et par hectare-jour pour chacune des zones.

Le tableau graphique (fig. A) montre clairement comment les pluies se répartissent dans notre pays.

Les zones de pluie sont représentées en A, la surface du pays étant représentée par un cercle, en B nous avons les volumes de ces précipitations pour chaque groupe, et en C nous voyons clairement les volumes qui tombent par hectare de territoire et par jour.

ZONES DES PLUIES EN BELGIQUE

FIG. A



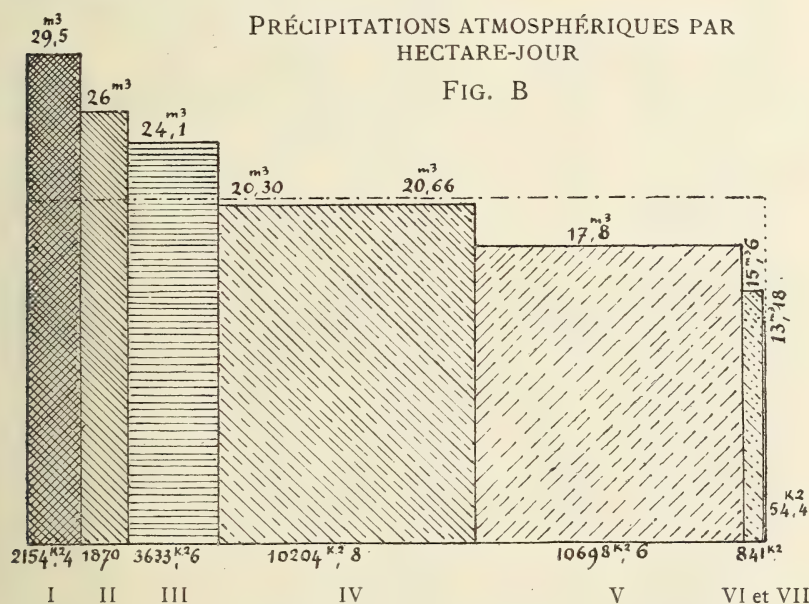
Zone I = $\frac{73}{1000}$	Zone III = $\frac{123}{1000}$	Zone V = $\frac{363}{1000}$	Zone VII = $\frac{2}{1000}$
Zone II = $\frac{63}{1000}$	Zone IV = $\frac{346}{1000}$	Zone VI = $\frac{30}{1000}$	

On voit par ce tableau que la zone où il tombe annuellement plus d'un mètre d'eau comprend un peu plus des 7/100 du territoire, alors qu'il y tombe plus d'un 1/10 du volume des eaux ; que les zones où il tombe de 800 à 700 millimètres et de 700 à 600 sont en étendue les plus considérables et comprennent chacune un peu plus d'un tiers du territoire en fournissant, au volume total des précipitations, la première, un peu plus du tiers, la deuxième un peu plus des 3/10 de ce volume. La zone maritime ne fournit qu'une très minime quantité d'eau au volume total, 1/1000 environ, et ne tombe que sur les 2/1000

du pays. Quant aux volumes qui se précipitent par hectare et par jour, ils varient de $29^{\text{m}^3}.50$ pour les régions les plus élevées du pays à 13.18 pour la zone littorale, en donnant pour notre pays une moyenne de $20^{\text{m}^3}.66$ par hectare et par jour.

PRÉCIPITATIONS ATMOSPHÉRIQUES PAR HECTARE-JOUR

FIG. B



J'ai aussi déterminé les volumes d'eau tombant sur différents bassins en mesurant au planimètre les superficies de ces bassins et les zones de pluie dans chacun d'eux. Ce travail m'a permis de vérifier le soin qui a présidé à la confection de la carte pluviométrique. En effet, les surfaces des bassins trouvées sur la carte au 400.000^e ne diffèrent pas sensiblement de la surface mesurée sur la carte au 20.000^e du Dépôt de la Guerre. En outre, les volumes trouvés par ces mesures pour les bassins de la Senne, de la Dyle, du Démer, de la Dendre et de la Nèthe, seuls bassins où j'ai fait cette vérifications, ne diffèrent pas de ceux que M. Lancaster a déterminés par la moyenne des observations des postes pluviométriques du bassin.

Les calculs détaillés ci-dessous permettent de vérifier ce fait : ainsi les volumes qui tombent par hectare et par jour sur les bassins sont les suivants :

1 ^o Senne	18 ^m 3.90 (Lancaster)	18 ^m 3.90
2 ^o Dyle	19 18 (Lancaster)	19 20
3 ^o Démer	18 36 (idem)	18 27
4 ^o Nèthe	18 56	18 40
5 ^o Dendre	20 60	20 60

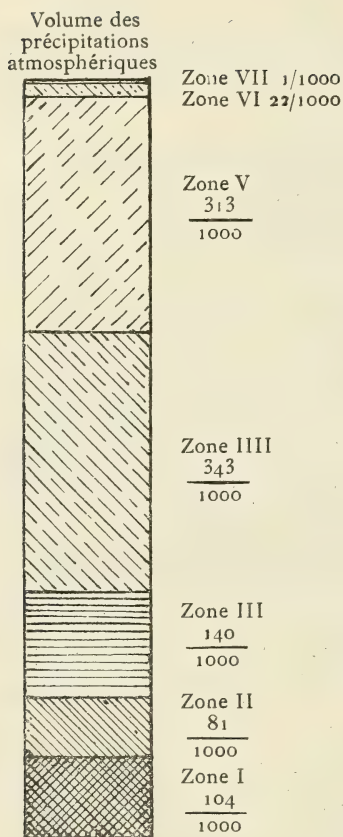


FIG. C

Des jaugeages isolés ont cependant été faits pour plusieurs rivières à l'occasion d'études de distribution d'eau ; mais ils n'ont jamais été faits avec une continuité suffisante ni assez longtemps pour permettre de faire une étude sérieuse de la répartition des eaux. Je possède toutefois, dans les documents que m'a laissés mon regretté père, ingénieur en chef des ponts et chaussées du Brabant, les résultats d'une série continue de jaugeages par déversoirs ou par vannes faits pendant cinq ans (1883 à 1887), sur les ruisseaux et rivières affluents de la Senne ou de la

La découverte de résultats concordants par deux méthodes entièrement différentes (1) est un contrôle sérieux de la manière judicieuse avec laquelle M. Lancaster a fait le tracé des courbes hyétométriques.

La carte pluviométrique constitue donc la base de l'étude hydrologique de la Belgique.

Quand nous aurons des données sérieuses sur le débit des sources et cours d'eau du pays — données que pourront seules nous procurer des séries continues de jaugeages faits avec soin — les résultats fournis par la carte pluviométrique nous permettront de savoir comment le volume d'eau qui tombe sur le sol se répartit, soit par l'évaporation ou par le phénomène de la végétation, soit par infiltration, soit par ruissellement superficiel. Malheureusement, les résultats très complets sur le débit des cours d'eau pendant de longues périodes nous manquent presque partout, excepté pour le Bocq et le Hoyoux, où des jaugeages ont été faits avec beaucoup de soins.

(1) M. Lancaster a déterminé la moyenne de la chute de pluie sur chaque bassin en traçant autour de chaque station pluviométrique la zone où les précipitations ne diffèrent pas sensiblement de celles de cette station. Il a mesuré ensuite, à l'aide d'un quadrillé, les surfaces des parties de ces zones contenues dans le bassin considéré et est arrivé ainsi aux moyennes indiquées dans son ouvrage.

ou de la Sambre, utilisés ou pouvant l'être pour l'alimentation du canal de Charleroi à Bruxelles.

L'étude de ces résultats fera l'objet d'une prochaine communication.

TABLEAU I

A) Régions où il tombe plus de 1000^{mm} d'eau par an.

	Surface	Moyenne	Volume
Plus de 1300 ^{mm}	6 ^{k2} .4	1330	8.512.000
De 1200 à 1300	27. 2	1200	32.640.000
Un peu plus de 1200	99. 2	1210	120.032.000
De 1100 à 1200	83. 2	1150	95.680.000
» 1100 à 1200	486. 4	1150	559.360.000
» 1000 à 1100	214. 4	1015	217.616.000
» 1000 à 1100	984. 4	1050	1.033.200.000
» 1000	251. 2	1000	251.200.000
	2152. 4		2.318.240.000

B) Régions où il tombe de 900 à 1000^{mm} d'eau par an.

	Surface	Moyenne	Volume
De 900 à 1000 ^{mm}	66 ^{k2} .8	950	63.460.000
» 900 à 1000	118. 4	950	112.480.000
» 900 à 1000	1684. 8	950	1.600.560.000
	1870. 0		1.776.500.000

C) Régions où il tombe de 800 à 900^{mm} d'eau par an.

	Surface	Moyenne	Volume
900 ^{mm}	1864 ^{k2} .00	850	1.584.400.000
900	49. 60	880	43.648.000
900	131. 2	850	111.520.000
900	472. 0	850	401.200.000
800	353. 6	800	282.880.000
900	763. 2	850	648.720.000
	3633. 6		3.072.368.000

D) Régions où il tombe de 800 à 700^{mm} d'eau par an.

	Surface	Moyenne	Volume
Un peu moins de 800 ^{mm}	38 ^{k2} .4	780	29.952.000
De 700 à 800	4788. 8	750	3.590.600.000
» 700 à 750	2718. 4	725	1.970.840.000
Un peu plus de 700.	958. 4	710	680.464.000
De 750 à 800	1246. 4	775	965.960.000
Moins de 800.	369. 6	760	280.896.000
700	84. 8	700	59.360.000
	10.204. 8		7.578.072.000

E) Régions où il tombe de 700 à 600^{mm} d'eau par an.

	Surface	Moyenne	Volume
Moins de 700 ^{mm}	292 ^{k2} .8	640	187.392.000
De 650 à 700.	4454. 4	675	3.006 720.000
Un peu moins de 650 . .	128. 0	640	81.920.000
De 700 à 650.	1112. 0	675	750.600.000
Un peu moins de 650 . .	3316. 2	620	2.056.044.000
Moins de 650.	256. 0	650	166.400.000
De 600 à 650	628. 8	625	393.000.000
» 600 à 650	235. 2	625	147.000.000
» 600 à 650	275. 2	625	172.000.000
	10 698. 6		6.961.076.000

F) Régions où il tombe de 600 à 500^{mm} d'eau par an.

	Surface	Moyenne	Volume
Moins de 600 ^{mm}	195 ^{k2} .2	580	113.216.000
De 600 à 650	160. 0	575	92.000.000
» 600 à 550	259. 2	550	142.560 000
Moins de 600.	227. 2	580	131.776.000
	841. 6		479.552.000
G) moins de 500 ^{mm} . . .	54. 4	480	26.112.000

TABLEAU II

Répartition générale des précipitations atmosphériques tombant sur le territoire de la Belgique.

Hauteur de la pluie annuelle.	Surface des régions correspon- dantes en k ² .	Volume de pluie annuel y tombant en m ³ .	Volume par hectare et par an en m ³ .	Volume par jour-hectare en m ³ .	Part dans la surface totale du pays.	Part dans le volume total.
A) plus de 1 m.	2.152.4	2.318.240.000	1.075	29,50	7.3	10.4
B) de 900 à 1 ^m	1.870.0	1.776.500.000	945	26.00	6.3	8.1
C) de 800 à 900 ^{mm}	3.633.6	3.072.368.000	842	24.10	12.3	14.0
D) de 800 à 700 ^{mm}	10.204.8	7.578.072 000	738	20.30	34.6	34.3
E) de 700 à 600 ^{mm}	10.698.6	6.961.076.000	648	17.8	36.3	31.3
F) de 600 à 500 ^{mm}	841.6	479.552.000	570	15.6	3.0	2.2
G) moins de 500 ^{mm}	54.4	26.112.000	480	13.18	0.2	0.1
Territoire	29.455.0	22.211.920.000	754	20.66	100.	100.

5° M. A. Bourdariat fait parvenir le travail suivant, dont il est donné lecture par M. E. Van den Broeck.

FORMATION D'UN NOUVEAU CÔNE

SUR LE VÉSUVÉ

PAR

Alex. J. Bourdariat.

Le Vésuve traverse une phase d'activité qui attire tout spécialement l'attention. Bien que ne constituant pas un fait anormal dans l'allure de ce volcan, le phénomène actuel est digne d'intéresser le curieux et le géologue. Le premier sera saisi d'une admiration craintive, en présence de l'imposant spectacle qui se déroule devant ses yeux, pendant la nuit surtout, sur le sommet de la mystérieuse montagne. Le deuxième y trouvera une précieuse mine de matériaux pour l'étude des manifestations de l'activité interne du globe en général, et du mode de formation des cônes en particulier.

En effet, à la suite de l'augmentation d'activité déjà constatée dans ce volcan dans le courant de janvier dernier, l'ancien cratère de 1891 tend à se combler, en faisant place à un nouveau cône, qui s'élève lentement et régulièrement au bord Nord-Ouest de l'ancien cratère. Actuellement, il a dépassé les bords de ce cratère d'environ 15 à 20 mètres. Ce nouveau cône peut se voir de Naples même.

Depuis le milieu de 1893 — époque à laquelle a cessé de couler la bouche d'éruption de l'*Atrio del Cavallo*, ouverte en juin 1891, sur les flancs du grand cône vésuvien — l'activité extérieure du volcan se maintenait très faible, quoique cet arrêt de l'épanchement latéral eût pu faire prévoir une recrudescence d'activité dans le grand cône.

En janvier dernier, la colonne de lave s'est sensiblement élevée dans la cheminée volcanique, en débordant un peu sur la plate-forme du fond du cratère. Il y eut un arrêt de quelques jours avec abaissement de la colonne de lave, suivi d'une nouvelle poussée légère, accompagnée de grands dégagements de vapeur. Dès ce moment, la tension de la vapeur fit boursouffler et soulever la surface de la lave, en la projetant par instants à une grande hauteur. La fréquence de ces explosions est très variable. Lors de ma dernière visite au volcan — faite dans la

Rien ne pourrait être comparé à l'imposant spectacle que présente alors le volcan lorsqu'il projette dans l'air ces jets de matières fondues, qui retombent ensuite de toutes parts, comme les énormes paillettes d'un gigantesque feu d'artifice.

Durant leur ascension et leur chute, les matériaux divers rejetés par le volcan se refroidissaient et retombaient, soit dans la cheminée, pour être lancés de nouveau, soit sur les bords du cratère, où ils édifiaient le cône. C'est ce qui constitue la « phase de formation d'un cône », caractérisée par une émission abondante de scories, sans production de cendres.

Le nouveau cône, de forme assez irrégulière, atteignait, le 12 mai, une hauteur d'environ 70 mètres au-dessus du fond du cratère de 1891. Il a dépassé maintenant l'altitude de la portion de crête *a' a''* du cratère de 1872, existant encore à l'Est de l'abri des guides.

Sa forme irrégulière est due principalement au vent d'Est, qui a dominé durant ces derniers mois. Sous l'action de ce vent, les scories sont tombées avec plus d'abondance du côté de Naples, ce qui a porté le cône à l'Ouest.

Si l'éruption continue avec la même régularité, le nouveau cône *c* s'élèvera graduellement, en comblant totalement l'ancien cratère *b*. Et, en admettant aussi une poussée continuée de la lave, rien ne s'opposerait à prévoir sur le sommet du grand cône, un épanchement latéral, favorisé en ce point par la fente de 1894, près de laquelle le nouveau cône s'est formé.

La figure ci-jointe montrera les changements survenus sur le sommet de la montagne. Je me suis servi, à cet effet, d'un diagramme publié en 1891, par M. le Dr Johnston-Lavis, l'éminent vulcanologue anglais, en y portant les changements survenus depuis lors.

NOUVELLES ET INFORMATIONS DIVERSES

Sur les relations entre les transgressions marines et les mouvements du sol. Note de M. A. DE GROSSOUVRE.

Un des buts vers lesquels tendent les recherches de la Géologie est la reconstitution de l'histoire physique de la Terre, c'est-à-dire des états géographiques successifs par lesquels elle est passée ; mais les dénudations subies par les couches s'opposent à la restitution précise des anciens rivages, et, dans les massifs montagneux, les discordances et les transgressions sont souvent effacées par les actions mécaniques subies, aux effets desquelles s'ajoutent celles des érosions.

Il est possible, cependant, d'arriver à retracer, dans ses traits généraux, l'histoire

géologique, en étudiant séparément pour chaque point la nature des sédiments qui s'y sont superposés et les caractères des faunes qui les ont habités. Par cette méthode, on peut se rendre compte, pour chaque point en particulier, des conditions successives de dépôt, apprécier les relations des divers points entre eux, et même reconnaître le sens des courants marins. M. Munier-Chalmas a depuis longtemps insisté sur l'importance de ce dernier résultat.

On constate ainsi qu'en chaque point les conditions bathymétriques ont fréquemment varié et qu'à diverses reprises les phases positives et négatives ont alterné entre elles. On vérifie ensuite qu'à une phase positive dans une région correspond une négative dans une autre, et l'on peut même établir qu'il existe, à ce point de vue, un contraste constant entre certaines aires de la surface du globe.

Je me bornerai ici à résumer brièvement, parmi les résultats auxquels je suis arrivé, ceux qui ont trait à l'ère secondaire en Europe.

Vers la fin des temps triasiques, la mer couvre la région alpine, tandis que l'Europe occidentale et septentrionale se trouve dans une phase négative, caractérisée par le régime lagunaire du Keuper.

Avec le début de la période liasique le sens des mouvements change : la mer revient occuper le Nord et l'Ouest, tandis que dans la région alpine se manifeste une tendance à l'émersion indiquée : 1° dans les Alpes orientales, par les couches de Hierlatz reposant directement sur la surface érodée du calcaire de Dachstein et accompagnées de galets des roches de la chaîne centrale (Penck, Geyer); 2° dans les Alpes suisses et occidentales, par la brèche du Chablais (Renevier, Lugeon) et la brèche du Télégraphe (Kilian).

A l'époque bathonienne-callovienne correspond, d'une part, une transgression très marquée dans le Nord-Est et, de l'autre, une régression caractérisée par les couches saumâtres à *Mytilus* de la Suisse (de Loriol) et les gypses calloviens des Alpes occidentales (Lory, Haug); on pourra, je crois, mettre encore cette dernière en évidence dans les Alpes orientales et les Carpathes.

Le mouvement d'émersion qui se produit vers la fin des temps jurassiques dans le Nord et l'Ouest de l'Europe a comme parallèle plus au Sud une transgression très marquée des couches tithoniques qui, partout dans la région alpine et même en Crimée (Sokolow), débordent les dépôts antérieurs.

A la transgression infracrétacée, si prononcée dans le Nord de l'Europe, correspond, dans la région alpine, un retrait manifeste de la mer : M. Collot l'a mis en évidence pour la Provence, M. Renevier pour les Alpes suisses : on le reconnaît dans les Alpes orientales et les Carpathes.

La transgression cénomaniennne est synchronique d'une surrection générale dans toute la zone alpine, accusée par la discordance du supracrétacé sur l'infracrétacé dans les Carpathes (Uhlig) et les Alpes orientales, par les conglomérats de Vils et du Laubenstein dans les Alpes de Bavière; les lignites cénomaniens de la Provence et du Languedoc et les conglomérats de Camarade (Magnan) dans les Pyrénées.

La transgression qui amène le dépôt des couches crétacées à Aix-la-Chapelle et en Suède se produit au moment où le régime marin prend définitivement fin dans la Provence et le Languedoc; c'est aussi l'époque des lignites du Neue-Welt (Alpes orientales) et du conglomérat de Saint-Louis (Corbières).

Enfin, vers la fin de l'ère crétacée, le Nord de l'Europe subit une émersion corrée-

lative d'une transgression dans les Alpes orientales où les couches à *Am.neubergicus* viennent reposer directement, à Neuberg, sur les couches de Werfen et sur le calcaire de Hallstatt.

Cette analyse fait ressortir l'existence de nombreux mouvements orogéniques dans la région alpine pendant toute la durée de l'ère secondaire; à chacun d'eux correspond une transgression. C'est une loi générale, qui peut être étendue à d'autres périodes.

(Extr. Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris.)

Obtention d'eau douce par le forage au diamant dans les roches granitiques de la Suède.

L'intéressante note ci-dessous a été adressée par M. M. Nordenskiöld à l'Académie des Sciences de Paris.

On souffre souvent, en Suède, dans les stations de pilotes et dans les phares, du manque d'eau douce. On y est généralement obligé de se contenter d'eau de pluie, souvent très malsaine, ou d'eau apportée de terre ferme et qui, elle aussi, conservée dans des citernes, devient bientôt nuisible à la santé.

Pour remédier à cet inconvénient, j'ai proposé au directeur général du pilotage et des phares d'examiner si, même sur les îlots en pleine mer, on ne pourrait pas se procurer une quantité suffisante d'eau douce, en creusant dans nos roches granitiques des puits d'une profondeur de 30 m. à 50 m. En faisant cette proposition, pour laquelle j'ai eu quelque peine à trouver des partisans, je me suis fondé sur les raisonnements suivants :

1° Les variations de la température diurne, annuelle ou séculaire, doivent causer des glissements de la partie supérieure de la roche sur les couches inférieures, où une telle variation n'existe pas, et ces glissements doivent produire des fentes horizontales à des profondeurs à peu près constantes;

2° Sur l'observation que l'eau qui pénètre dans nos mines de fer n'est jamais salée, même si ces mines sont situées sur de petits îlots en pleine mer et s'étendent à 100 m. ou 200 m. au-dessous de la surface.

Après quelques hésitations on a, au printemps 1894, fait un essai à la station de pilotes de Arkô (île de l'Arche $\phi = 58^{\circ} 29'$, $\lambda = 16^{\circ} 58'$ E. de Greenwich).

L'essai a été couronné d'un succès complet. A 33 m. de profondeur, dont 30 m. au-dessous de la surface de la mer, on a rencontré une fente horizontale dans la roche, donnant par jour environ 20.000 litres d'eau douce, de première qualité. La quantité pourra probablement être beaucoup augmentée, si l'on fait éclater de la dynamite dans les puits, à proximité de la fente. Plus tard, l'essai a été renouvelé dans six autres localités. A une profondeur de 33 à 35 m., on a toujours trouvé de l'eau douce, qui monte généralement jusqu'à 2 ou 3 m. au-dessous de la surface, quelquefois à la surface même. Ces puits sont creusés dans des roches cristallines (granite, gneiss, diorite, etc.), avec un perçoir garni de diamants; ce qui a déjà amené le public à parler des *puits de diamants* et de *l'eau de diamants*. Pour creuser des puits, il faut choisir une roche solide et dépourvue de fissures à la surface. Le trou est naturellement vertical et cylindrique; il a 65^{mm} de diamètre. La térébration est faite de manière à enlever intact le noyau central du trou. D'après les expériences faites jusqu'à présent, il paraît prouvé que dans toutes nos régions de roches cristallines on pourra se procurer une eau pure, abondante, absolument hygiénique, moyennant des dépenses relativement peu considérables.

En dehors de la presqu'île scandinave, les mêmes conditions se reproduisent probablement dans beaucoup de régions de roches cristallines et granitiques. Un jour viendra, peut-être, où les " puits de diamants " seront très répandus. Il serait cependant possible que, dans les pays où les variations de la température à la surface du globe sont insignifiantes, les conditions de percement des puits de diamants fussent moins favorables.

Quoi qu'il en soit, le fait m'a paru assez important pour qu'il soit désirable de commencer aussi, dans les pays plus chauds que la Suède, des recherches semblables à celles que nous faisons, depuis environ un an, sur les veines d'eau dans le sein des roches granitiques, recherches qui ont obtenu chez nous un tel succès.

Il sera peut-être de quelque intérêt de savoir que je m'occupe maintenant de réunir dans notre Musée les matériaux nécessaires à l'étude des minéraux qui se forment dans les fentes de nos roches cristallines; j'ai déjà fait sur ces minéraux divers plusieurs observations inattendues et intéressantes.

(C.-R. Acad. Sc. Paris.)

SÉANCE MENSUELLE DU 25 JUIN 1895

Présidence de M. L. Dollo, Président.

La séance est ouverte à 8 heures 40.

Correspondance.

S. M. le Roi remercie la Société de l'hommage qu'elle lui a fait d'un exemplaire de la *Carte pluviométrique* de M. Lancaster, publication que l'auguste missive déclare très intéressante.

S. A. R. Mgr le Comte de Flandre adresse à la Société ses remerciements pour l'envoi du « remarquable travail de M. Lancaster sur la pluie en Belgique ». *S. A. R.* désire marquer à la Société, dit cette missive, « sa satisfaction toute spéciale pour cette publication à la fois scientifique et pratique et qui honore aussi bien l'auteur que la Société savante sous les auspices de laquelle elle a été publiée ».

M. le Prof. Jules Gosselet remercie pour le télégramme de félicitations que la Société, réunie en excursion à Ostende, lui a adressée au sujet de sa promotion comme Officier de la Légion d'honneur.

M. le Directeur général des Mines, Président de la Commission géologique de Belgique, adresse à la Société le deuxième fascicule des feuilles de la *Carte géologique de Belgique*, au 40,000^e, comprenant les feuilles : Zeveneecken-Lokeren, Hoboken-Contich, Termonde-Puers, Boom-Malines, Putte-Heyst-op-den-Berg, Vilvorde-Sempst, Haecht-Rotselaer, Hoorebeke-Ste-Marie-Sottegem, Flobecq-Nederbrakel, Lennick-St-Quentin-Hal, Uccle-Tervueren, Celles-Frasnes.

M. le Colonel Hennequin, Directeur de l'Institut cartographique militaire, fait parvenir à la Société les 300 exemplaires demandés du tirage spécial, monoteinte en bistre, de la *Carte pluviométrique de Belgique* au 400,000^e et *M. le Secrétaire* rappelle que cette carte, à prix réduit, réclamée en vue de travaux graphiques, études, etc., ne coûtera aux membres de la Société que un franc pièce, tandis que la Carte pluviométrique en teintes bleues dégradées coûte trois fr. (sans le texte).

M. le Colonel Hennequin envoie également la première livraison, contenant 21 feuilles, de l'édition nouvelle, en couleurs de la *Carte topographique de la Belgique* à l'échelle de 40,000^e, destinée aux Archives de la Société. (*Remerciement.*)

Dons et envois reçus.**1° De la part des auteurs :**

- 2049 **Crocq (D^r J.)**. *Découverte du Cobalt dans les sables tertiaires des environs de Bruxelles*. Extr. in-8°, 16 pages. Bruxelles, 1894.
- 2050 **Lancaster (A.)**. *Note bibliographique*, présentation de son travail *La Pluie en Belgique*. Extr. in-8°, 2 pages. Bruxelles, 1895.
- 2051 **Mieg (M.)**. *Note sur le sondage d'Oberkutzenhausen, près Pechelbronn*. Extr. gr. in-8°, 8 pages, 1895.
- 2052 **Nicolis (E.)**. *Depositum Quaternarium in Veronese*.

2° Périodiques nouveaux reçus en échange :

- 2053 *Institut cartographique militaire La Cambre*. Carte topographique de la Belgique au 40,000°. Feuilles n° 14, Lokeren; 15, Anvers; 16, Liège; 17, Moll; 22, Gand; 23, Malines; 24, Arschot; 25, Hasselt; 30, Grammont; 31, Bruxelles; 32, Louvain; 33, Saint-Trond; 39, Nivelles; 40, Wavre; 41, Waremmes; 42, Liège; 45, Mons; 46, Charleroi; 47, Namur; 48, Huy; 49, Spa.

Società Toscana di Scienze Naturali Pisa.

- 2054 *Processi verbali*, vol. IX, 1894-96.
- 2055 *Memorie*, vol. IX à XIII (1888 à 1894).

Société d'Études scientifiques d'Angers.

- 2056 *Bulletin*, vol. I (1871), à XXIII (1893).

Académie nationale des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Caen.

- 2057 *Mémoires*, 1889 à 1894.

Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse.

- 2058 *Mémoires*, 6^e série, t. II, 1864.

Communications des membres.

1° M. l'Ingénieur *Hans* fait une communication dont il a envoyé le résumé suivant, destiné au Procès-Verbal de la séance.

Compte rendu des Études hydrologiques faites par le Service des Irrigations des États-Unis.

Le Service géologique des États-Unis s'est organisé depuis 1888 pour faire les études préliminaires aux travaux d'irrigations à entre-

prendre dans une grande partie du territoire de ce pays connue sous le nom de « régions arides » et s'étendant depuis le 100° méridien jusqu'à très peu de distance de l'Océan Pacifique.

Ce Service a publié depuis 1889 quatre rapports importants, édités avec grand luxe ; ils renferment de nombreux renseignements, intéressants tant au point de vue de l'art de l'ingénieur que de l'hydrologie de ces vastes contrées. L'examen des études hydrologiques exposées dans ces volumes et spécialement le compte rendu des procédés d'investigation que le Service américain a mis en pratique, feront l'objet d'une note qui sera insérée dans le *Bulletin*, sous la rubrique *Traductions et Reproductions*.

2° M. RUTOT présente le résumé d'une note intitulée : **Sur quelques points nouveaux de la géologie des Flandres.**

L'auteur a divisé ce travail en plusieurs parties, dont les principales ont rapport aux résultats de forages effectués à Bruges ; à l'utilisation de ces données pour l'interprétation des couches du puits artésien de Blankenberghe ; à la découverte d'un gisement du terme panisélien P1b très fossilifère à Eeghem (O. de Thielt) ; aux mouvements de glissement et de déplacement des couches tertiaires constituant les sommets des collines du Nord de la Flandre, etc.

L'assemblée, consultée, vote l'impression de ce travail aux *Mémoires*.

3° M. E. Van den Broeck fait la communication suivante :

NOTE PRÉLIMINAIRE

SUR LE NIVEAU STRATIGRAPHIQUE ET LA RÉGION D'ORIGINE

DE

CERTAINS DES BLOCS DE GRÈS QUARTZEUX

des plaines de la Moyenne et de la Basse-Belgique

PAR

Ernest Van den Broeck

Conservateur du Musée royal d'Histoire Naturelle, à Bruxelles.

Le but de la présente communication est d'apporter une contribution, d'ailleurs fort succincte, à la question, assez complexe, de l'origine, ou pour mieux dire des origines multiples des blocs de grès quartzeux dont la présence a été souvent signalée dans nos plaines basses de la région N.-E. de la Belgique.

Mes levés géologiques m'ont amené cette année à aborder l'étude du territoire des planchettes de Rummen et d'Alken, situées respectivement au N. et au N.-E. de Saint-Trond. Vers la pointe méridionale du triangle formé par les routes de Saint-Trond à Herck-la-Ville et de Saint-Trond à Hasselt, il existe, à partir d'environ 5 kilomètres au N.-N.-E. de Saint-Trond, un relèvement assez accentué des altitudes générales de la contrée.

Le thalweg des petites vallées voisines varie des cotes 30 à 40, tandis que les sommets de la colline de crête qui sépare les deux routes précitées, à l'E. de Nieuwerkerke, dépassent parfois l'altitude 80.

Dans la plaine et dans les vallées on trouve les étages *tongrien* et *landenien* (1) recouverts, dans les dépressions, d'un manteau fort épais de dépôts quaternaires et modernes, indices de la dénudation accentuée qui a modifié, pendant les temps post-tertiaires, le relief de ces régions. Sur les flancs supérieurs et sur le sommet des collines, on constate la présence de l'étage *rupélien*, surtout représenté, en affleurement dans les parties hautes, par les sommets de l'épaisse masse argileuse de l'assise supérieure R2c (l'argile dite de Boom).

Des sables remaniés et quaternaires remontent assez haut sur certains de ces sommets et, en ce qui les concerne, la lecture des notes de voyage de Dumont m'avait fait remarquer une constatation que je comptais bien pouvoir étudier à loisir lors de mes levés.

Pour la feuille de *Rummen* il dit, en ce qui a trait au hameau de Tichelry, à 2 1/2 kil. à l'Est de Rummen et situé sur un sommet secondaire, à l'altitude de 60-61 mètres : « Sur le point culminant, entre Weyer et Gorssum, on voit une trace de glaise » (c'est l'argile R2c). « Le sable qui se trouve vers ce point renferme *quelques rognons de grès* comme ceux qui se trouvent dans le sable de la Campine. »

Or il résulte de mes investigations dans ces parages qu'indistinctement *tous les sommets* des collines et renflements secondaires de la région du Galgenbosch, du Rosen Bosch, du Papenbosch, du Leyhaart Bosch ont été ou sont encore couverts par les *innombrables débris*, non roulés, mais vestiges certains restés sur place, d'un *niveau gréseux*, sans doute continu, qui surmontait l'argile de Boom en ces parages. Lorsque je dis « ont été » je fais allusion à l'enlèvement séculaire, par les habitants des villages environnants, des blocs gréseux qu'ils rencontraient en abondance dans les défrichements des forêts ou même lors

(1) La partie supérieure de l'Eocène landenien renferme parfois, dans ces parages comme à Duras, par exemple, des rognons ou blocs de grès, fort semblables comme aspect et comme caractères lithologiques à ceux, situés de 20 à 30 m. plus haut, qui font l'objet de cette notice.

des plantations de remplacement succédant aux coupes forestières. Les premiers fragments de grès — tellement durs et compacts que je les avais tout d'abord considérés comme de véritables *quartzites* — qui attirèrent mon attention se trouvaient épars en abondance, mais avec des dimensions relativement restreintes : pugillaires et capitaires, dans le chemin montant S.-N. qui longe, à l'Ouest, le Leyhaart Bosch, région boisée qui forme le flanc occidental du plateau sur lequel se trouve le hameau de Tichelry. C'était donc précisément ce gisement qui avait attiré l'attention de Dumont. A 12 ou 1300 m. à l'Est de Tichelry s'étend, du N. au S., une route qui traverse presque constamment une région restée boisée et qui aboutit dans la direction du Sud, au Galgenbosch, à environ 1 kil. à l'Est de Nieuwerkerken.

Le long de cette route et dans les bois avoisinants, on constate un certain nombre de gros blocs de grès durs blanchâtres, ressemblant à des quartzites, et dont j'ai mesuré les plus volumineux, pouvant dépasser 1 mètre de long et atteindre 0^m.70 de large, ou plutôt d'épaisseur. La surface de ces grès montre des *perforations* et des traces paraissant avoir été produites naguère par l'action d'antiques *racines*. C'est donc l'aspect que présentent parfois aussi les grès blancs analogues, mais plus mamelonnés à la surface, du Landenien fluvio-marin ou supérieur.

D'après les gens du pays, une sablière, que je n'ai pas encore visitée, située à 6 ou 700 mètres plus à l'Est que le gisement de mes plus gros blocs (notés à la hauteur du Papenbosch), en montre de plus volumineux encore. Quel peut être ce sable dans lequel sont englobés les grès de ces parages ? Nous nous en occuperons plus loin.

Les défrichements partiels du Roosen Bosch, sur la hauteur au S.-E. de Kleyn-Tichelry, ont fourni depuis longtemps autant d'éléments rocheux que l'eût fait une véritable carrière, et les habitants du village, depuis des temps immémoriaux, ne se sont pas fait faute d'en profiter : ce dont témoigne aisément une simple promenade au travers du village. J'ai ici mesuré des blocs atteignant 1^m.10 et toujours 0^m.70 de large, ou de profondeur. Ici les habitants m'ont signalé une autre localité de la région, distante de 2 à 3 kilomètres à peine et que je me propose d'aller visiter dans la suite de mes levés, où l'on trouve des blocs qui, d'après eux, atteindraient parfois jusque 4 mètres de long ! Ce renseignement m'a été confirmé par plusieurs personnes.

Les grès provenant des excavations et défrichements ont parfois une surface comme vernissée et brunie, qui leur donne un aspect de roches assez anciennes, rappelant les grès triasiques et même certains quartzites primaires.

Au Roosen Bosch on en a trouvé de 3 mètres de long. Leur gisement se trouve, au contact de l'argile, dans un sable plus ou moins remanié, à un mètre de profondeur. Les blocs, à angles non arrondis, sont parfois serrés les uns contre les autres, ou, en tout cas, peu distants entre eux. Ils ont surtout été exploités pour l'établissement des fondations des maisons du village.

Lorsque j'aurai, dans ma prochaine campagne de levé, pu étudier systématiquement et avec plus de détail les *conditions de gisement*, je pourrai arriver à conclure définitivement, et avec preuves à l'appui, ce que je crois déjà pouvoir annoncer actuellement.

C'est que ces sommets de collines de l'Oligocène moyen, représenté par l'argile supérieure rupelienne R2c, constituent les *témoins* d'une plaine étendue qui primitivement s'inclinait lentement vers le Nord dans cette partie du Limbourg et qui était constituée par une *assise sableuse* reposant par passage insensible sur l'argile R2c. Cette assise sableuse avait été généralement, ou plus probablement régionalement, ou même localement, le siège d'un phénomène chimique de concrétionnement et de durcissement gréseux. Les traces végétales que l'on rencontre parfois dans certains de ces débris rocheux du niveau concrétionné indiquent assez nettement qu'il s'agissait non pas d'une formation purement marine, comme l'argile rupelienne sous-jacente, mais d'un dépôt d'*émersion* ou de plages sous-marines devenues *exondées* sans doute et bientôt *entièrement continentales*, le durcissement gréseux ayant dû être corrélatif à cette émersion.

A quelle *lacune* sédimentaire correspond, dans la stratigraphie tertiaire belge, cette phase d'émersion ? Précisément à celle qui, commencée avec l'*Oligocène supérieur* ou *Aquitanién*, non représenté, au moins typiquement, dans nos régions, s'est continuée pendant le Miocène inférieur, lequel manque complètement en Belgique.

En serrant le problème de plus près, on voit que le sable au sein duquel s'est effectué le concrétionnement gréseux, sable qui surmontait l'argile rupelienne, ne peut guère avoir représenté que l'un ou l'autre des deux termes stratigraphiques suivants : Ou bien c'était un dépôt d'émersion se rattachant intimement à l'étage oligocène *rupélien* (Oligocène moyen), ou bien c'était un niveau représentant déjà l'*Aquitanién*, ou Oligocène supérieur.

Dans ce dernier cas, nous aurions ici un intéressant repère pour constater l'extension, dans les plaines du Limbourg, d'un dépôt resté jusqu'ici assez problématique et représenté seulement dans nos plaines par des vestiges, et plus encore par des erratiques gréseux, par des

amas sableux et caillouteux, remaniés et déplacés par des phénomènes ultérieurs.

Phase finale et d'émersion de l'Oligocène moyen, soit *Rupélien* ; ou phase initiale de la période d'émersion et de sédimentation non marine de l'Oligocène supérieur, soit *Aquitanien*, c'est tout un à l'ample point de vue de la *chronologie générale*, et en réalité nous nous trouvons ici en présence d'une question de mots ou d'accolade, qui dans une légende, selon qu'elle est générale ou locale, voire même régionale, peut se résoudre indifféremment dans l'un ou dans l'autre sens.

Si les vestiges, non remaniés ou du moins déplacés comme ceux-ci, mais *in situ* de cette phase d'émersion ayant succédé à la sédimentation marine rupélienne, devaient s'observer, avec un développement du faciès continental et des éléments ligniteux par exemple, dans le Limbourg belge, alors il ne faudrait pas hésiter à les ranger franchement dans l'*Aquitanien* : mais si l'émersion sableuse (représentée par le terme R2d de la légende de la Carte géologique) devait rester partout *intimement liée* à la sédimentation de plage sous-marine rupélienne et à l'argile sous-jacente — à laquelle j'ai maintes fois observé que passe insensiblement le sable R2d — alors il faudrait maintenir ce dernier terme, et peut-être même l'horizon indiqué par les grès remaniés, tels que ceux qui nous occupent ici, comme clôturant plutôt, par sa phase naturelle d'émersion, le *cycle sédimentaire rupélien*.

En attendant que des observations ultérieures permettent de prendre à ce sujet une résolution définitive, je me bornerai, pour le moment, à indiquer ces deux solutions plutôt qu'à adopter dès aujourd'hui l'une d'elles ; mais, pour éviter toute conclusion prématurée, je continuerai à considérer, *avec la restriction ci-dessus indiquée*, les sables et les grès qui, par passage insensible, surmontent dans le Limbourg l'argile rupélienne, comme représentant *le dernier terme du cycle rupélien*.

Dans la région ici spécialement étudiée, ces sables et ces grès, bien que représentés de nos jours par des éléments non *in situ*, n'ont cependant guère été déplacés que par le fait d'un mouvement vertical de haut en bas et de coulage latéral du sable intermédiaire entre l'argile et le niveau gréseux, qui s'est alors défoncé, brisé et complètement disloqué. Tout ce qui n'a pas été préservé comme *témoin*, resté plus ou moins *in situ* au sommet de nos collines, aura été emporté vers le Nord par la dénudation fluviale quaternaire et contribue de nos jours à *faire nombre* parmi les erratiques primaires, triasiques, landeniens, tongriens et autres que l'on rencontre dans les plaines de la Basse Belgique.

On se souvient que j'ai déjà fait connaître précédemment et fait

ajouter à l'échelle stratigraphique générale de l'Oligocène belge, le niveau mentionné plus haut — qui avait échappé à Dumont et à ses successeurs — R2d ou d'*émersion sableuse de l'assise rupelienne supérieure*. C'est ce niveau sableux qui — difficile à classer à l'époque déjà lointaine où je n'en soupçonnais pas moi-même l'existence dans la série tertiaire — avait été rattaché au Quaternaire sableux ancien dans la région d'affleurement, qu'il présente, si bien développé, entre Bilsen et Munsterbilsen. C'est ce même niveau où l'on a, paraît-il, trouvé des traces de lignites bien accentuées dans la région de Munsterbilsen, et c'est lui encore que j'ai eu l'occasion d'étudier intimement dans ses relations de passage graduel à l'argile rupelienne sous-jacente, sur le territoire de la planchette d'Herck-la-Ville, qui fait précisément suite vers le Nord à celui de la planchette de Rummen, où je viens d'observer ces blocs.

C'est lui enfin qui, à Elsloo — où il est également lignitifère en certains points — forme le sommet sableux, préservé par places, de la masse argileuse et argilo-sableuse vers le haut, du Rupélien marin. Il constitue le substratum, raviné et presque partout enlevé, du sable glauconifère, boldérien ou miocène, qui par les éléments oligocènes supérieurs roulés et « dérivés » que renferme sa base, forme le curieux gîte qui a contribué à accentuer les difficultés d'étude du Miocène boldérien.

Certes la phase d'*émersion*, et d'apparition du facies corrélatif *ligniteux*, qui a marqué en Belgique le déclin de l'Oligocène moyen rupélien s'est largement continuée dans les régions de l'Est, et principalement du Rhin, par un excessif développement, non interrompu, d'alluvionnement fluvial lacustre et d'épanouissement végétal continental qui, en Allemagne, a fait prendre aux sables, cailloux, grès et lignites de ce facies d'*émersion* un développement considérable. Cette phase se relie en somme fort intimement au phénomène qui, en Belgique, a *commencé* à se produire dès le retrait des eaux purement marines ayant déposé l'argile R2c (ou argile de Boom); mais si un tel développement du facies ligniteux, et des phénomènes lacustres et fluviaux a été en Allemagne la caractéristique de l'Oligocène supérieur — qui y a cependant commencé, régionalement au moins, comme à Bunde et dans le Brandebourg(?) par une sédimentation marine — il n'en reste pas moins probable, à mes yeux, que l'aurore du dit facies d'*émersion* de production ligniteuse et d'alluvionnement non marin, s'est trouvé en Belgique et dans la région de la Meuse, au Nord de Maastricht, apparaissant déjà dans la phase d'*émersion* rupelienne.

On s'étonnera d'autant moins de trouver des lignites et des vestiges

végétaux dans le sable d'émersion rupelienne R2d, que l'on peut fréquemment s'assurer, *vers le sommet* des exploitations d'argile de Boom (R2c) dans les localités typiques de Boom, qu'il y en a également vers le niveau de passage de l'argile à la zone d'émersion sableuse R2d (non représentée toutefois à Boom, où elle a été ravinée par le Miocène bolderien). On peut constater, en effet, par la présence de nombreux troncs d'arbres, de branches et de fruits de divers types (dont M. Delheid et moi avons recueilli à Boom des spécimens très variés) que les plaines environnantes, et qui s'étendaient à mesure des progrès du phénomène d'émersion, étaient déjà alors peuplées de forêts et d'une végétation luxuriante, dont ces vestiges, transportés dans le site littoral rupelien de Boom, par les cours d'eaux de l'époque, **montrent dûment l'existence**. Ces débris végétaux *du Rupelien indiscutable de Boom* montrent que l'on aurait tort de croire la dite végétation *uniquement* attribuable à l'Oligocène supérieur, qui n'a été que la phase d'**épanouissement** du phénomène d'émersion et d'évolution continentale.

Il paraît d'ailleurs en avoir été de même dans les Provinces rhénanes, et sous une forme plus accentuée encore, car il semble qu'il y ait eu dans certains de ces parages, comme à Dusseldorf, par exemple, le même phénomène d'émersion continentale, et de production ligniteuse, *avant* l'arrivée des eaux marines ayant déposé l'argile marine dite de Ratingen, ou *Septarienthon*, qui paraît bien correspondre à notre argile de Boom, ou Rupelien supérieur.

Cet horizon *inférieur* à lignites, de la région du Rhin, et spécialement de Dusseldorf — mais qui ne paraît pas représenté dans le Limbourg hollandais ni certainement pas, sous ce facies, en Belgique — doit être considéré comme appartenant à l'*Oligocène moyen*.

Ce serait le représentant sableux, quoique non marin, de notre terme stratigraphique R2b, base arénacée de l'argile de Boom. Rien ne paraît même s'opposer, à première vue, à ce que cet horizon *inférieur* des sables à lignites du Rhin ne représente tout notre cycle rupelien inférieur, c'est-à-dire l'âge de nos sables à Pétoncles de Berg, en Belgique, et des sables de Fontainebleau, en France. Son facies marin, en Allemagne, serait englobé dans les « sables de Stettin ».

On aurait tort d'ailleurs d'attribuer une valeur chronologique définie à *des dépôts de sables à lignites*, ou d'en identifier trop aisément divers massifs géographiquement éloignés, même lorsque la flore décelée par ces lignites fournit de très grandes analogies, presque des identités même. Ce sont les relations d'intercalation *avec les types marins* qui doivent constituer la clef de ces sortes de questions.

On sait combien l'évolution végétale est plus lente et moins accentuée que l'évolution animale, qui doit constituer le **guide paléontologique par excellence** ; et, pour ce qui concerne les sables à lignites de l'Allemagne et même probablement du Limbourg hollandais septentrional, il n'est pas douteux qu'ils englobent, sous cette dénomination générale et sans valeur stratigraphique — outre des horizons *oligocènes* divers, correspondant à diverses émergences partielles — des dépôts *miocènes* et peut-être même *plus récents* ? Un levé géologique détaillé peut seul, avec l'aide de sondages judicieux, résoudre ces problèmes régionaux.

Pour en revenir à nos blocs de grès du Nord de Saint-Trond, ils doivent donc, d'après mes observations, qui seront complétées et précisées ultérieurement, être rattachés aux débuts de la grande période d'émergence qui commença pendant la phase terminale de l'*Oligocène moyen*, avec le terme R2d de l'*assise rupelienne supérieure*, et eut son plein épanouissement et ses caractères typiques pendant l'*Aquitainien*.

La légende de la Carte fournit, pour les grès épars, ou même peu remaniés, de la série Oligocène et se rattachant à la série supérieure ou continentale, le moyen d'éviter de se prononcer hâtivement dans l'un ou l'autre sens. La notation *Ong* a en effet été réservée aux grès locaux ou régionaux d'*âge Oligocène indéterminé* mais se rattachant à la dite série supérieure ou continentale. Quant aux sables, chaque fois que l'on ne sera pas amené à les rattacher au terme rupelien R2d, on pourra, me paraît-il, leur attribuer, dans le Limbourg, comme ailleurs, la notation *Ons*, non précisément proposée par eux dans la légende, mais dont l'application, dans ce sens, ne pourra guère souffrir de difficultés.

L'ampleur de l'énorme cube de dénudation quaternaire qui a rabaisé aux niveaux actuels la plaine environnante, montre l'énorme masse de ces sables et grès *oligocènes*, qui ont dû contribuer à fournir au moins l'un des éléments des multiples sources stratigraphiques d'où dérivent les *blocs gréseux* que l'on retrouve sporadiquement — et pour ainsi dire à l'état d'erratiques — sur les plaines et ballastières de la Campine.

La démonstration plus précise de cette conclusion formera l'objet d'une communication ultérieure.

Un dernier mot pour finir (1). Voici donc l'*Aquitanien* ou *Oligocène supérieur* sur le point de rentrer de nouveau en scène, ou tout au moins, en vue, dans la stratigraphie tertiaire belge. Sa présence, si elle se confirme, après une étude plus approfondie des dépôts tertiaires du Limbourg, serait ainsi reconnue là où la logique la réclame, c'est-à-dire *en superposition directe, et avec passage insensible, à l'Oligocène moyen, ou rupélien*, dont l'Aquitanien représente la **continuation** de la phase finale, ou d'émerision.

Il importe de signaler que cet Aquitanien belge, logique dans ses caractères et dans sa position stratigraphique — et qui se relierait parfaitement, tant au point de vue géographique qu'évolutif, au grand horizon aquitanien des lignites du Limbourg néerlandais et des Provinces rhénanes — n'aurait, s'il se confirmait, **rien de commun** avec les dépôts que M. le Professeur *G. Dewalque*, perpétuant une erreur de A. Dumont, au sujet de son « Bolderien supérieur », persiste si regrettablement à considérer comme représentant l'Aquitanien en Belgique, dépôts qu'il a édifîés comme tels, *aux dépens de la formation, dûment miocène*, des sables constituant *l'étage bolderien de Dumont*.

Bien que ma découverte, vérifiée par divers géologues et paléontologues compétents, d'une faune nettement *miocène supérieure* dans les sables bolderiens de Waenrode ait mis hors de toute discussion l'*âge miocène supérieur* du **sable marin bolderien**, M. Dewalque paraît vouloir persister dans son étonnante erreur, et l'on ne peut que déplorer une si regrettable circonstance, fâcheuse tout au moins pour les élèves et disciples d'un géologue appelé à exposer dans ses cours les données *positivement* acquises par les progrès de nos connaissances sur la stratigraphie tertiaire belge. Il est vrai que la réédition, en 1880, *sans aucun changement, ni amélioration*, de son *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*, de 1868, ouvrage principalement basé sur les notes et recherches d'A. Dumont, et datant donc, en réalité, d'une époque plus lointaine encore, montre que les élèves de M. Dewalque doivent avoir l'habitude de chercher ailleurs que dans l'immuable « Standard » de leur maître, les progrès considérables réalisés depuis plus de 25 ans dans les sciences géologiques en Belgique.

4^o M. le *Secrétaire* donne lecture du texte suivant d'une lettre qui lui a été adressée par notre confrère M. *C.-T. Moulan*.

(1) Ajouté pendant l'impression, (Juillet 1896.)

NOTE PRÉLIMINAIRE

AU SUJET DE LA

CONSTRUCTION DES BARRAGES DES RÉSERVOIRS D'ALIMENTATION

PAR

T.-C. Moulan

Laeken, le 18 juin 1895.

A propos de la catastrophe survenue à Bouzey, je comptais vous remettre aujourd'hui pour la séance une note sur les barrages des réservoirs d'alimentation, mais je dois partir inopinément, et ce ne sera que dans quelques jours que cette note vous parviendra.

Vous pouvez donc la porter parmi les communications d'une prochaine séance, si vous le jugez convenable.

Par cette note, je veux établir que la statique des solides seule ne suffit pas pour arrêter les projets de construction d'un barrage, mais qu'il faut avoir recours à la *géologie* pour calculer la résistance de l'assise du barrage, ainsi que la perméabilité et l'imperméabilité plus ou moins grande des couches qui seront noyées et leurs concordances avec les couches recouvertes par le barrage, afin de déterminer la circulation souterraine de l'eau qui, éventuellement, pourrait exercer une pression sous le barrage et même à l'intérieur du corps du barrage.

Les maçonneries, quels que soient les soins qui aient été apportés à leur construction, ne sont jamais complètement imperméables.

Au Barrage de la Gileppe, nous avons constaté un écoulement, au travers du mur, de 132 mètres cubes par jour.

Cet écoulement est capillaire ou hydrosopique il est vrai; il est soumis à une perte de charge, car la filtration se manifeste sur la face postérieure du mur en contre-bas du niveau de la retenue dans le réservoir, et on doit se demander s'il peut produire une charge à l'intérieur du mur.

La réponse ne peut être qu'affirmative.

On conçoit ce que peut produire une charge statique — si faible-

ment alimentée qu'elle soit, — dans le corps d'un barrage : elle supprime toute la résistance de l'épaisseur du barrage comprise entre l'endroit où se produit cette charge statique et la face antérieure du barrage. La portion à l'aval peut ne pas présenter une résistance suffisante au glissement et au renversement et ainsi la résistance du barrage peut être considérablement réduite.

Ma conclusion se résume en ceci :

Pour éviter les charges hydrostatiques qui peuvent se produire dans l'assise ou dans le corps d'un barrage, il convient de ménager des barbacanes fermées à l'amont dans le corps du barrage et dans le sol sur lequel le barrage est assis. Les barbacanes ouvertes dans le sol devraient être arrêtées un peu à l'aval du prolongement de la face d'amont du barrage.

J'examine tous les cas possibles : barrages construits suivant la direction des couches ou à travers cette direction, ces couches étant redressées, inclinées *ou à peu près* horizontales.

Je poursuis mes recherches sur le régime des eaux de la Gileppe; elles embrassent 17 années au 31 avril dernier.

Elles jetteront, au moins je l'espère, quelque lumière sur l'hydrologie des terrains imperméables.

A Binche, j'ai 5 années et à Gand 2 années de reconnaissances sur l'infiltration et la circulation de l'eau dans le sol.

Dans ces régions, on a commis aussi bien des erreurs, croyant être sur la bonne voie.

Votre bien dévoué,

(signé) : T. C. MOULAN.

P. S. Incessamment, je soumettrai à la Société une Note sur la Distribution d'eau de Binche et sur toutes les alimentations basées sur l'emploi des eaux du terrain devonien inférieur : Elouges et les autres communes du Borinage, Thuin, Charleroi, Seraing, Couvin, Givet, Nassogne et le Château de Verdenne.

Là j'arrive encore à une loi simple et d'une exactitude rigoureuse.

1^o Dans les roches dures, arénacées, l'infiltration de l'eau dépend de la nature et de l'épaisseur de la couche superficielle.

2^o Lorsque le captage se fait dans les terrains superficiels, meubles ou friables, les collecteurs doivent être dirigés à travers pente. Dans les roches dures, ils doivent être dirigés à travers bancs.

ANNEXE AU PROCÈS-VERBAL

DE LA SÉANCE DU 25 JUIN 1895

Notice biographique sur Casimir UBAGHS

PAR

A. Erens

Docteur en sciences naturelles

CASIMIR UBAGHS naquit à Aix-la-Chapelle, le 10 octobre 1829, de Jean-François Ubaghs et de Anne-Marie Dohmen. Le jeune Casimir n'avait pas l'âge de dix ans, lorsqu'il vint habiter avec ses parents la riante cité de Fauquemont, où il reçut sa première instruction à l'école primaire. Lorsqu'il fut arrivé à l'âge de seize à dix-sept ans, ses parents se décidèrent de faire de leur fils un menuisier. Cependant leurs efforts échouèrent complètement : on ne parvint pas à inculquer au jeune Ubaghs de goût pour un métier quelconque.

En 1849, l'arrivée à Fauquemont d'un collectionneur distingué, le baron de Franc, ouvrit un nouvel horizon à l'esprit du jeune Casimir. Le baron de Franc, frappé des dispositions extraordinaires du jeune homme pour les études de sciences naturelles, fit de lui son compagnon de voyage et son très zélé collectionneur en titre. Bientôt M. Ubaghs s'initia peu à peu aux mystères de la Paléontologie et commença à avoir quelques notions précises de géologie stratigraphique. C'est la première de ces sciences surtout qui l'attira et dans laquelle il fit de rapides progrès, grâce à ses relations continues avec MM. de Binkhorst, Bosquet, Beissel et de Bey.

Déjà six ans après sa première entrevue avec le baron de Franc, Ubaghs publia une première étude sur les bryozoaires des environs de Fauquemont : *Neue Bryozoen-Arten aus der Thuffkreide von Mastricht* (Meyer Paléont., V, p. 127-131).

Né allemand, ses premiers travaux scientifiques sont écrits dans sa langue maternelle. Ainsi il fit paraître, en 1865, un second opuscule du même genre intitulé : *Die Bryozoen-Schichten der Mastrichter Kreide-Bildung nebst einigen neuen Bryozoen-Arten aus der Mastrichter Thuffkreide*. (Bonn. Verh. Naturhist. Verein, XXII, 1865, p. 31-62.)

Pendant l'année 1859, M. Ubaghs publia un petit ouvrage fort intéressant, dans lequel l'auteur prouve à l'évidence que les amas de silex tranchants, qu'on avait nommés à tort « Hornsteindiluvium » ou encore « Vuursteendiluvium », et que l'on trouve, en divers endroits, localisés sur la craie limbourgeoise, n'ont rien de commun avec les formations de transport quaternaires, mais sont les produits de la dissolution sur place et de l'érosion de la craie. Ce petit travail est intitulé : *Beobachtungen ueber die chemische und mechanische Zersetzung der Kreide-Limburgs und deren Einwirkung*. Loewen, 1859.

C'est en cette même année 1859 qu'Ubaghs épousa M^{lle} Marie-Thérèse Wyers. Le jeune ménage habita Fauquemont et y resta fixé jusqu'en 1866, époque de l'établissement de la famille Ubaghs à Maestricht. C'est encore en 1866 que M. Casimir Ubaghs se décida à écrire ses ouvrages dans une langue qui lui était moins familière, soit en français, ce qui doit faire excuser les petites incorrections de style et de forme qu'un puriste serait en droit de signaler dans ses écrits ultérieurs. Il publia dans les *Annales de la Société archéologique du Limbourg* un résumé de ses études sur les bryozoaires de la craie tufacée de Maestricht, et deux autres opuscules :

- 1866 *Essai sur les couches de Bryozoaires du tuffeau de Maestricht*. (Publ. Soc. archéol. du Limbourg 1866.)
- 1872 *Sur les cailloux roulés des dépôts quaternaires du Duché de Limbourg*. (Compte rendu du Congrès anthrop., VI, 1872.)
- 1874 *Analyse du Compte rendu de la 6^{me} session du Congrès international d'Anthropologie et d'Archéologie préhistorique, tenue à Bruxelles*. (Publ. Soc. archéol. du Duché de Limbourg, t. XI, 1874.)

Devenu membre de la Société géologique de Belgique, M. Ubaghs publia dans les annales de cette Société : *La Chelonia Hoffmanni* Gray du tuffeau de Maestricht. (Ann. Soc. géol. de Belgique, t. II, 1874-1875, p. 197-205.)

Mais le principal ouvrage de M. Ubaghs, dans lequel l'auteur résume toutes les connaissances acquises jusqu'à ce jour du sol de notre province, parut en 1879 à Ruremonde et fut intitulé : *Description géologique et paléontologique du sol du Limbourg*. (Ruremonde, 1879, 1 vol. in-8°.)

Ce travail est de loin le plus important des écrits de M. Ubaghs. A part les détails sur le Quaternaire et quelques-uns sur le Tertiaire limbourgeois, dont les connaissances se sont profondément modifiées depuis lors, on peut affirmer, sans crainte, que ce livre intéressant

a rendu les plus grands services à ceux qui ont fait, des terrains géologiques du Limbourg hollandais, une étude spéciale et approfondie. Après l'année 1879, M. Ubaghs publia consécutivement :

- 1882 *Exposé des connaissances actuellement acquises sur les assises crétacées du Limbourg.* (Lu à la séance de la Soc. royale malacol. de Belgique, tenue à Maestricht en 1882. — Bull. soc. malac. de Belgique, 1882.)
- 1883 *La mâchoire de la Chelonia Hoffmanni* Gray. (Ann. Soc. géol. de Belgique, t. X, 1882-1883, p. 25-34.)
- 1883 *Mollusques terrestres et fluviatiles des environs de Maestricht.* (Bull. Soc. malacologique de Belgique, t. XVIII, Brux., in-8°.)

Une trouvaille, d'ailleurs de la plus haute importance, conduisit M. Ubaghs vers un terrain scientifique nouveau : celui de l'Archéologie préhistorique. M. Ubaghs trouva notamment aux environs de Maestricht, dans les formations alluviales de l'ancienne Meuse, un îlot sur lequel il découvrit des crânes humains, des ossements de divers mammifères herbivores, et des ustensiles primitifs en pierre et en os.

Loin de moi la pensée de vouloir juger la valeur intrinsèque des travaux de M. Ubaghs en matière d'archéologie préhistorique : il me manque pour cela les connaissances voulues. Tout ce que je pourrai dire, c'est que feu M. Casimir Ubaghs a fait d'heureuses et remarquables trouvailles au point de vue de cette branche d'étude si intéressante. Voici les travaux archéologiques de l'auteur, classés d'après l'ordre de leur apparition :

- 1° *L'âge et l'homme préhistoriques et ses ustensiles de la station lacustre près Maestricht.* (Ruremonde, 1884, vol. gr., 8°.)
- 2° *D'où viennent les silex des ateliers dits préhistoriques de Sainte-Gertrude et de Ryckholdt, près Maestricht.* (Ann. de la Soc. géol. de Belgique, 1887.)
- 3° *Les ateliers ou stations dits préhistoriques de Sainte-Gertrude et de Ryckholt, près Maestricht.* (Liège, br. in-8°, 1888.)
- 4° *Note sur les ateliers de Ryckholt et de Sainte-Gertrude.* (Lue à la séance tenue à Maestricht le 18 septembre 1888. Bull. Soc. anthropol. de Bruxelles, IX.)
- 5° *Mes théories. Réponse à la notice de M. Puydt.* (Liège, br. in-8°, 1888.)
- 6° *Communication au Congrès international des catholiques à Paris en 1888.* (Br. in-8°, Maestricht.)

- 7° *De voor-romeinsche begraafplaatsen tusschen Weert en Budel en Nederweert-Leveroy.* (Br. in-8°, avec 6 pl. Amsterdam, 1890.)
- 8° *Les poteries anté-romaines et les objets de bronze découverts dans le Limbourg hollandais.* (Compte rendu du Congrès archéol. et hist. de Bruxelles, 1891.)
- 9° *Een bewerkt vuursteenpantser der steenperiode gevonden bij Maastricht.* (Broch. in-8° avec 1 pl., Gand 1891.)

Ce qui augmente beaucoup les mérites de M. Ubaghs, c'est qu'il a établi, de concert avec MM. Rutot et Van den Broeck, la connexion et l'équivalence du calcaire de Kunraad avec la craie brune phosphatée de Ciply, de la craie blanche à silex noir du Limbourg avec la craie de Spiennes et du Maestrichtien inférieur avec le tuffeau supérieur de Folx-les-Caves.

Ainsi C. Ubaghs publia pendant les années 1887-1890 quelques opuscules sur le Crétacé, parmi lesquels quatre sont consacrés à l'étude de la craie belge. Les voici :

Quelques considérations sur les dépôts crétacés de Maastricht dans leur connexion avec les couches dites maestrichtiennes de Ciply. (Bull. Soc. belge de Géog., de Paléont. et d'Hydrol., t. I, 1887, broch. in-8°.)

Compte-rendu des séances d'excursions de la Soc. belge de Géol. à Maastricht aux 17, 18 et 19 sept. 1887. (Bull. Soc. belge de Géol., t. I, 1887, broch. in-8°.)

Quelques considérations sur l'âge de la craie tuffeau de Folx-les-Caves. (Bull. Soc. belge de Géol., t. II, 1888.)

Sur le niveau de quelques fossiles crétacés. (Ann. Soc. géol. de Belgique, t. XVII, 1889-1890, pp. 76-80, broch. in-8°.)

Le crâne de Chelone Hoffmanni. (Bull. Soc. belge de Géol., t. II, 1888, Bruxelles, broch. in-8°.)

A différentes reprises M. C. Ubaghs a défendu des thèses géologiques aux congrès nationaux (néerlandais) des sciences et de la médecine. La première fois, à Amsterdam, il traita : *De geologische aardvorming van Limburg.* (Natuur- en geneesk. Congres van Nederland, 1887, broch. in-8°.)

Au second congrès national, qui s'est tenu à Leyden, C. Ubaghs avait pour sujet les assises alluviales et diluviennes du Limbourg. Ce discours, dans lequel l'auteur passe en revue les premières recherches de M. A. Erens sur le Quaternaire limbourgeois, est intitulé : *Het alluvium en maasdiluvium in Limburg en de meer zuidelijke ver-*

spreading der skandinaafsche gesteenten. (Nat. en geneesk. Congres van Nederland, 1889, broch. in-8°.)

La troisième fois, à Utrecht, M. Ubaghs citait quelques rares trouvailles paléontologiques faites dans la craie tufacée du Limbourg. Cet opuscule est intitulé : *Eenige nieuwe belangrijke vonden voor de limburgsche krijtforming.* (Nat. en geneesk. Congres van Nederland, Utrecht, broch. in-8°, 1891.)

M. Ubaghs fit encore les biographies de deux géologues limbourgeois, qu'il avait intimement connus : de MM. Binkhorst tot den Binkhorst et de J. A. H. de Bosquet.

1881. *Notice biographique sur J. A. H. de Bosquet.* (Maestricht, broch. in-8°, 1881.)

1887. *Notice biographique du géologue M. Binkhorst tot den Binkhorst.* (Broch. in-8°, 1887.)

Les deux derniers ouvrages publiés par feu Casimir Ubaghs sont les suivants :

Le Megalosaurus dans la craie supérieure du Limbourg. (Bull. de la Soc. belge de Géol., t. VI, 1892, broch. in-8°.)

Sur l'origine des vallées du Limbourg hollandais. (Bull. de la Soc. belge de Géol., t. VI, 1892, broch. in-8°.)

Citons, pour finir, les catalogues des collections de feu le Docteur de Bey et d'Ignace Beissel, ainsi que ceux (il y en a plusieurs) de son propre musée, qui méritent qu'on s'y arrête un instant.

Casimir Ubaghs avait la main heureuse. Jamais il ne fit une excursion sans rapporter l'un ou l'autre fossile de valeur. Peu à peu le géologue maestrichtois se formait une collection splendide, que tout le monde peut encore admirer, et se créa un véritable musée d'histoire naturelle. Grâce à cette décision si heureuse, une foule de fossiles crétacés et carbonifères et même tertiaires, d'une rare beauté ou constituant des pièces uniques, ou types, resteront conservés à la science. Aussi un grand nombre de savants ont puisé dans la riche collection de M. Ubaghs de nombreux fossiles modèles ou uniques qui ont servi de types à bien des descriptions paléontologiques.

Self-made man dans le vrai sens du mot, qui savait tout par expérience, infatigable travailleur, heureux chercheur, esprit sagace et pénétrant développé par le travail, doué d'une intelligence supérieure, M. Ubaghs était né pour les études géologiques, et il ne lui manqua, pour arriver à la perfection, qu'une seule chose : l'en-

seignement universitaire. Il n'en est pas moins établi que Casimir Ubaghs constitue un frappant exemple du rôle utile que peut jouer dans l'avancement et les progrès de la science, un homme actif, ingénieux et persévérant, même sans éducation universitaire. Ses mérites furent bien appréciés par le gouvernement néerlandais, qui le chargea, de concert avec l'auteur de ces lignes, d'étudier sur place les causes des nombreux éboulements et affaissements, qui se sont répétés durant trente ans et sur une distance de 2500 mètres dans la région de Bunde, Geul, Elsloo qui est traversée par la voie ferrée de l'État néerlandais.

Ce qui caractérisa surtout feu Casimir Ubaghs, c'est son amitié désintéressée, profonde et sincère, c'est un noble et généreux caractère et une vie chrétienne et modèle.

Son affabilité était bien connue ; et tous ceux qui ont eu l'avantage de le fréquenter, ou d'assister aux excursions et aux séances tenues à Maestricht en 1887, se souviendront avec plaisir de la réception cordiale et fraternelle qu'il avait préparée à la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie et à la Société d'Anthropologie de Bruxelles.

Casimir Ubaghs fut membre d'un grand nombre de sociétés savantes : de la Société géologique de Belgique, dont il fut membre fondateur, de la Société malacologique de Belgique, de la Société malacozoologique allemande, de la Société rhénane des sciences naturelles, de la Société archéologique du Limbourg, de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie de Bruxelles, dont il fut également membre fondateur, etc.

Sa mort fut prématurée et subite. Il fut enlevé trop tôt à sa noble carrière, à sa famille chérie, à ses amis nombreux et à la Société belge de Géologie, dont il fut un des membres les plus actifs. Il mourut le 4 février 1894. Sur sa tombe, son ami et collègue, A. Erens, rendit un dernier hommage à son regretté confrère, à son excellent ami et à son vénéré compatriote, dont les connaissances hélas ! n'avaient été que trop peu appréciées dans son propre pays.

Fauquemont, le 5 juin 1895.

SÉANCE MENSUELLE DU 30 JUILLET 1895

Présidence de M. L. Dollo.

La séance est ouverte à 8 h. 40.

Correspondance.

M. Ch. Barrois annonce qu'un comité s'est formé à Lille en vue d'offrir à M. le Prof. J. Gosselet son portrait en taille douce, à l'occasion de sa récente promotion comme Officier de la Légion d'Honneur.

L'Assemblée décide unanimement que la Société participera à cette souscription, à laquelle plusieurs membres de la Société se proposent également de prendre part.

La *Société royale de Londres* annonce que nous recevrons son *Bulletin* en échange de nos publications.

La *Société géologique Suisse* fait parvenir le programme de ses excursions aux environs de Zermatt et du groupe du Simplon (date : du 8 au 15 septembre 1895).

La *Commission de la Carte géologique d'Espagne* et l'*American Journal of Science* acceptent l'échange des publications.

Dons et envois reçus.

1° De la part des auteurs :

- 2059 **Agostini (G. de) e Marcinelli (O.).** *Studii idrografici sul Bacino della " Pollaccia „ nelle Alpi Apuane.* Extr. in-8°, 15 pages, 1 planche. Roma, 1894.
- 2060 **Bittner (A.).** *Zur definitiven Feststellung des Begriffes " norisch „ in der alpinen Trias.* Extr. in-8°, 16 pages. Wien, 1895.
- 2061 **Choffat (P.).** *Note sur les tufs de Condeixa et la découverte de l'Hippopotame en Portugal.* Extr. in-8°, 12 pages, 1 planche. Lisbonne, 1895.
- 2062 — *Notes sur l'érosion en Portugal.* Extr. in-8°, 6 pages, 4 planches. Lisbonne, 1895.
- 2063 **Credner (H.).** *Die Phosphoritknollen des Leipziger Mitteloligocäns, etc.* Extr. in-8°, 46 pages, 1 planche. Leipzig, 1895.
- 2064 **Fliche, Bleicher et Mieg.** *Note sur les tufs calcaires de Kiffis (Sundgau, Alsace).* Extr. in-8°, 12 pages. Paris, 1895.

- 2065 **Karrer (F.)**. *Geologische Studien in den tertiären und jüngeren Bildungen des Wiener Beckens*. Extr. in-8°, 24 pages, 2 planches. Wien, 1895.
- 2066 **Koenen (A. von)**. *Ueber einige Fischreste des norddeutschen und böhmischen Devons*. Extr. in-4°, 37 pages, 5 planches. Göttingen, 1895.
- 2067 **Koenen (A. von) und Schur (W.)**. *Ueber die Auswahl der Punkte bei Göttingen, an welchen bei Probe Pendelmessungen Differenzen in der Intensität der Schwere zu erwarten waren. Ueber die Ergebnisse der ersten Pendelmessungen*. Extr. in-8°, 7 pages. Göttingen, 1895.
- 2068 **Kuntze (O.)**. *Geogenetische Beiträge*. Extr. in-8°, 77 pages. Leipzig, 1895.
- 2069 **Mieg (M.)**. *Note sur les calcaires coralligènes d'Istein*. Extr. in-8°, 9 pages. Paris, 1895.

2° Périodiques nouveaux :

- 2070 *American journal of Science* New Haven, 2 sem. 1895, vol. LIX et July 1895, vol. L.
- 2071 Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg I. B. *Berichte*, vol. IV ; V, Heft 1-2 ; vol. VIII.
- 2072 Comision del Mapa Geologico de España. Madrid, *Boletin*, vol. XVIII (1891), XIX (1892) *Memorias*, années 1892 et 1894.

Élection de nouveaux membres.

Est reçu, à l'unanimité, comme membre effectif de la Société :

M. PAUL GOLDSCHMIDT, ingénieur, 17, rue des Deux Églises, à Bruxelles.

Communication du Programme de l'Excursion dans le Boulonnais.

M. le Secrétaire résume le programme de la Session extraordinaire de 1895, qui aura lieu dans le Nord de la France et dans le Boulonnais.

De Lille on se rendra à Cassel en vue d'y étudier l'Éocène. Les environs de Saint-Omer permettront non seulement d'étudier le Crétacé, l'Éocène, le Quaternaire et les dépôts modernes de cette région, de se faire une bonne idée de la géographie de l'Artois et de l'âge de la plaine maritime, mais aussi de constater, à Fouquexolles, un contact de Crétacé sur le Devonien. Après l'étude des dépôts modernes des envi-

rons de Calais, les excursionnistes arrivant à Marquise, feront ensuite la course classique et si intéressante de Sangatte au Blanc-Nez par la plage, puis du Petit Blanc-Nez à Wissant. Une course à l'intérieur du Boulonnais, consacrée au Primaire, permettra à M. le Prof. Gosselet de nous exposer ses vues sur la terminaison occidentale du bassin houiller franco-belge et sur le bassin de Douvres.

Boulogne-sur-Mer nous fournira ensuite de belles falaises de Portlandien et de Kimméridien et une excursion à Saint-Valéry permettra d'étudier l'estuaire de la Somme à marée haute et à marée basse. Outre des affleurements crétacés et landeniens, nous verrons également d'assez curieux « kjoekkenmöddings » et les vestiges d'anciennes plages avec sables à *Cardium*.

L'Assemblée ayant approuvé ce programme il est adopté et l'excursion est fixée du 18 au 25 août.

Des remerciements sont votés à M. le Prof. Gosselet, qui a organisé cette intéressante excursion et a bien voulu accepter de la diriger.

Communication des membres.

1° M. E. Van den Broeck présente le compte rendu de l'excursion de la Société au *Bolderberg* et à *Waenrode* et demande à être autorisé à fournir en même temps quelques considérations complémentaires relatives à la question, controversée par M. Dewalque, de l'âge du Bolderien, ainsi qu'aux relations des résultats obtenus lors de cette excursion avec la question de la légende du Miocène à la Commission de la Carte géologique. Adopté et le compte rendu, avec cette adjonction, figurera en *Annexe* au Procès-Verbal de la séance de ce jour.

2° Il est donné lecture de la note suivante :

DÉCOUVERTE D'UN NOUVEL ICHTHYOSAURE

A ARLON

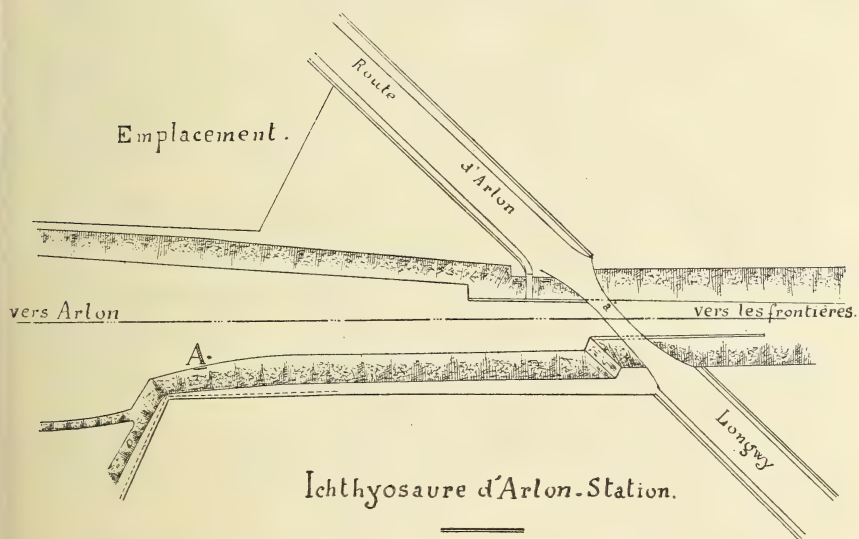
PAR

V. Lechien

Ingénieur en chef aux chemins de fer de l'État, à Arlon.

En terminant l'historique des recherches de l'Ichthyosaure d'Arlon-Stockem, j'annonçais qu'elles seraient reprises pendant l'été de 1894. (Voir procès-verbaux de notre Société, tome VIII, p. 76.)

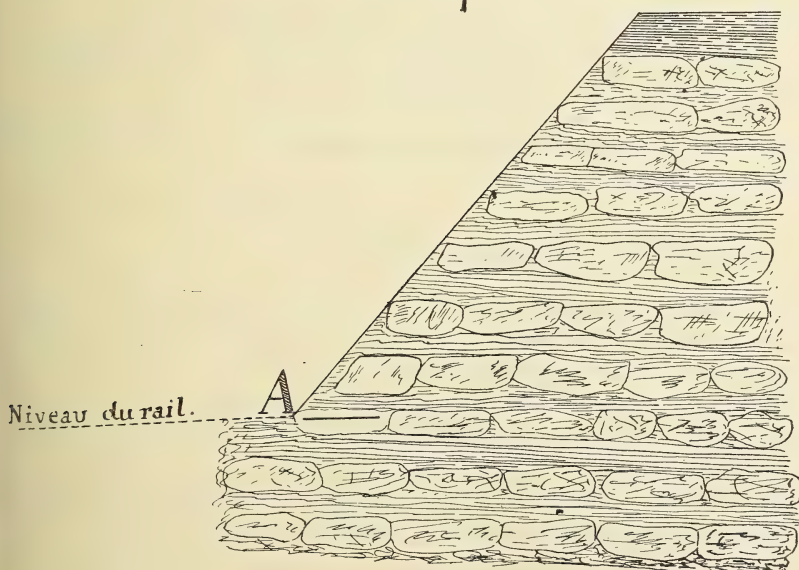
Ces dernières recherches furent absolument infructueuses, bien



Ichthyosaure d'Arlon-Station.

A Gîte de l'Ichthyosaure.

Coupe.



qu'elles aient eu lieu sur une surface d'environ trois ares autour des premières.

Les ossements qui manquent ont donc été transportés soit à Habay en 1892, soit en divers points inconnus de la ligne du Luxembourg lors de la construction.

Si de ce côté nous n'avons pas eu de succès, nous venons d'obtenir une large compensation.

En effet, le 1^{er} juillet, les ouvriers du chemin de fer, en effectuant des fouilles à l'extrémité de la station d'Arlon, pour l'établissement d'un perré, ont mis à découvert un second Ichthyosaure.

M. Dupont, directeur du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, que j'avais averti, est venu immédiatement à Arlon avec l'un de ses agents, à qui il a donné les instructions nécessaires pour l'enlèvement du nouveau saurien jurassique.

Les ossements de ce dernier gisaient, sur 4 mètres environ de longueur, dans un banc durci de grès calcareux, au pied de la tranchée du chemin de fer, et à 120 mètres d'un passage supérieur connu sous le nom de « Pont de Longwy ». (Voir le croquis annexé ci-contre.)

La tranchée ci-dessus, comme celle qui renfermait l'Ichthyosaure d'Arlon-Stockem, est creusée dans le facies argilo-sableux du *Grès de Virton*. Tous les géologues sont d'accord à ce sujet, et je crois inutile de donner la liste des fossiles qu'on y rencontre en abondance et en bon état, dans les bancs durs. Ceux-ci, comme le montre la figure, sont beaucoup plus épais et plus continus ici qu'à Stockem.

L'Ichthyosaure d'Arlon-Stockem reposait tout à fait à la base du facies argilo-sableux du grès de Virton.

Il n'en est pas de même de celui d'Arlon-Station, car un puits de 10 mètres de profondeur sous rail, creusé à proximité, n'a traversé que ce même facies argilo-sableux.

3^e A. RUTOT. — Asschien et Tongrien.

M. RUTOT entend parfois encore soulever la question de l'Asschien et du Tongrien et émettre, d'après les bruits qui courent, que ces deux étages pourraient être de même âge.

Pour ce qui concerne M. Rutot et M. Mourlon, qui, tous deux, font des levés géologiques dans les régions où les deux étages se rencontrent, la question est résolue depuis longtemps et ne fait pas l'ombre d'un doute. En effet, depuis les collines du nord de la Flandre (Oedelem, Knesselaere, Somergem), jusque Tervueren, on peut constater autant de superpositions qu'on le désire du Tongrien typique sur l'Asschien

non moins typique, c'est-à-dire les deux cycles sédimentaires complets reposant l'un sur l'autre.

M. Rutot n'entend donc pas recommencer une discussion qui, à ses yeux, ne peut être que stérile; il n'y aura lieu de s'y intéresser à nouveau que quand des documents paléontologiques sérieux ou importants pourront être présentés.

4° L. DOLLO. — **Évolution des Écailles chez les Poissons.**

L'auteur résume les travaux de MM. R.-H. Traquair, A. Fritsch et A.-S. Woodward sur l'évolution des écailles chez les Poissons.

Il montre, — en s'aidant de figures au tableau noir, — que, grâce à la connaissance des genres *Cryphiolepis*, *Thrissolepis* et *Ætheolepis*, on possède, maintenant, tous les intermédiaires nécessaires pour concevoir la transformation des écailles ganoïdes en écailles cycloïdes.

5° Il est donné lecture de la note suivante :

ESSAI SUR L'OROGÉNIE DE LA TERRE

PAR

Federico Sacco.

Notre confrère M. Fed. Sacco, Professeur à l'Université de Turin, vient de publier à Turin (C. Clausen, 1895) sous le titre ci-dessus un mémoire d'intérêt général sur l'orogénie de la terre. Il expose la manière dont se sont successivement formés les reliefs de la surface terrestre. C'est un ouvrage de petit volume, d'environ 50 pages, mais dans lequel sont accumulées, sous une forme concise, une quantité d'observations générales et particulières.

L'auteur examine tout d'abord les différentes théories qui ont été proposées jusqu'à présent pour expliquer la formation des reliefs terrestres, écartant les thèses à base géométrique, bien qu'autrefois celles-ci aient été acceptées parmi les savants. Il s'occupe aussi des théories récentes de Suess, Bertrand, etc. Il expose ensuite diverses considérations générales sur les plissements de la croûte terrestre, sur les phénomènes orogéniques et volcaniques, sur les tremblements de terre, sur les constructions coralliennes, qui, par leur répartition géographique, sont parfois en rapport plus ou moins direct avec les zones volcaniques, expliquant à grands traits la cause et le mécanisme de chaque phénomène.

Ces prémisses terminées, l'auteur expose sa nouvelle théorie orogénique, nous conduisant rapidement tout autour de la surface du globe. Il suppose, qu'après la consolidation de la croûte terrestre, des points de plissements plus accentués se sont établis sporadiquement sur elle, plissements causés par la très graduelle concentration du globe, qui allait se refroidissant. Ces premières régions de ridement et de soulèvement relatif représentent les centres des futurs continents, et sont décrites l'une après l'autre sous les noms de *Massifs anciens* (sibérien, uralien, calédonien, hercynien, de Meseta, corso-sarde, hongrois, nord-américain-groënlandais, guyanien, brésilien, austral, australien, indien, arabe et africain).

Les considérations dont il tire l'idée de la présence d'un massif continental dans la région polaire antarctique paraissent particulièrement intéressantes.

Dans le chapitre suivant sur les *zones orogéniques* récentes, l'auteur montre comment la concentration du globe terrestre continuant à s'accroître, la croûte superficielle dut naturellement se restreindre toujours davantage; les massifs anciens durent se rapprocher lentement entre eux; et par conséquent les régions de la croûte terrestre qui se trouvaient entre ces massifs anciens, déjà presque rigides, furent obligées à leur tour à se plier, à se rider en plusieurs manières, et à donner ainsi naissance à de nouvelles chaînes de montagnes, ou de nouvelles zones orogéniques, que par cela on appelle zones orogéniques récentes, et qu'on pourrait subdiviser en *alpines*, *appenniniques* et *océaniques*. Il expose à grands traits le développement très varié et souvent curieux de ces zones orogéniques, qui quelquefois forment des hautes chaînes, comme les Alpes, l'Himalaya, les Andes, les Montagnes Rocheuses, etc.; quelquefois elles n'aboutissent qu'à constituer seulement des collines ou des archipels, ou même de simples reliefs sous-marins, qu'on reconnaît par les phénomènes volcaniques, ou corallogéniques, ou par les études bathymétriques.

Dans le dernier chapitre, l'auteur présente un essai de synthèse de l'évolution orogénique de la surface de la terre, dès le commencement de l'apparition des premiers continents jusqu'à nos jours. Enfin, en suivant le raisonnement géologique et en faisant des comparaisons avec ce qu'on observe sur la Lune et sur Mars, l'auteur tâche d'en déduire quelles seront les transformations qui se vérifieront sur la surface terrestre dans l'avenir.

L'ouvrage est accompagné d'une très intéressante et très démonstrative carte générale du globe en projection homalographique, en cou-

leurs, sur laquelle sont dessinés les massifs anciens, les différentes zones orogéniques récentes, qu'on peut ainsi suivre clairement, ce qui facilite considérablement l'intelligence de la théorie exposée dans le travail. On y voit aussi quatre petits globes, sur lesquels est figurée la géographie terrestre probable des époques primaire, secondaire, tertiaire et future.

6° L. DOLLO. — **T. H. Huxley (1825-1895).**

M. le Président annonce la mort du grand anatomiste anglais et retrace brièvement sa brillante carrière.

Il insiste successivement sur ses hautes qualités comme investigateur, comme professeur, comme penseur et comme écrivain.

Il signale, enfin, que des notices nécrologiques détaillées, accompagnées de portraits à différentes époques de la vie, ont paru dans *Nature* et dans *Natural Science*, notamment.

Après cette communication M. le Dr Jacques ajoute quelques mots à l'exposé de M. Dollo pour faire ressortir la part considérable prise par Huxley à la divulgation des idées évolutionnistes de Darwin, dont il s'était montré enthousiaste dès leur publication. Huxley a même précédé Darwin dans l'application de ces idées nouvelles à l'évolution de l'Homme, pour lequel il a établi l'ordre des primates. Il a précisé l'espèce d'une manière plus définie que Darwin et n'admettait pas les nombreux liens intermédiaires invoqués par ce dernier. Il comprenait l'évolution, non par une succession de transitions insensibles, mais par celle d'une série de bonds, dont chacun constituait l'essence d'une forme spécifique. Il ne se ralliait donc pas à l'adage *Natura non fecit saltum*, qui constituait l'essence du mode évolutionniste tel que l'entendait Darwin.

7° L. DOLLO. — **Qu'est-ce qu'un Graptolite ?**

L'auteur résume l'état présent des connaissances sur les Graptolites.

Au point de vue stratigraphique, il appelle l'attention des membres de la Société qui s'intéressent plus spécialement à l'étude du Silurien de la Belgique, sur le mémoire de M. Charles Barrois (*Annal. Soc. géol. Nord.* 1892. Vol. XX).

La séance est levée à 10 h. 45.

ANNEXE AU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DU 30 JUILLET 1895

(et comprenant des adjonctions faites ultérieurement par l'auteur, en juillet et août 1896)

COMPTE RENDU SOMMAIRE

DE

L'EXCURSION AU BOLDERBERG

et au gisement fossilifère de Waenrode

faite par la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie

LES 13 ET 14 JUILLET 1898,

ACCOMPAGNÉ DE COMMENTAIRES RELATIFS A

LA QUESTION DU BOLDERIEN

ENVISAGÉ AU POINT DE VUE DE SES RELATIONS STRATIGRAPHIQUES
BELGES ET ÉTRANGÈRES

et **RÉPONSE** à M. le Prof. G. DEWALQUE

PAR

Ernest Van den Broeck

Conservateur du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, à Bruxelles
Secrétaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie
Membre du Conseil de Direction de la Carte géologique du Royaume

L'excursion projetée par la Société au Bolderberg et à Waenrode offrait un intérêt tout spécial.

Dans la légende de la Carte géologique du Royaume, en cours d'exécution, le *Conseil de direction*, dont j'ai l'honneur de faire partie, avait réservé naguère la question de savoir si, pour représenter les dépôts belges d'âge miocène, l'on emploierait le terme d'étage *bolderien* ou d'étage *anversien*.

Le *Bolderien* a été créé en 1849 par A. Dumont pour constituer, avec les étages tongrien et rupélien, l'ensemble du terrain miocène belge.

Quant à l'*Anversien*, il a été créé en 1880 par M. Paul Cogels pour désigner l'ensemble des dépôts sableux coquilliers, connus, dans leur partie inférieure, sous le nom de sables d'Edegghem à *Panopæa Menardi* et, au sommet, sous le nom de sables noirs d'Anvers à *Pectunculus pilosus*. Ces deux horizons successifs — qui avaient échappé à Dumont, sauf le dernier terme qu'il avait cru pouvoir attribuer au Pliocène — appartiennent nettement au Miocène *le plus supérieur*. On peut même, si l'on s'attache plus particulièrement à leurs relations fauniques générales, en faire, comme je l'ai proposé, en 1876, dans mon *Esquisse géologique des dépôts pliocènes des environs d'Anvers*, du Mio-Pliocène. Aucune relation donc avec l'*Aquitanién*, ou Oligocène supérieur.

Or la faune de la célèbre colline du Bolderberg, dans le Limbourg — abstraction faite de la faunule pliocène diestienne que j'ai découverte en 1880 et qui n'est pas en discussion ici — est également une faune miocène, très voisine de celle des dépôts d'Anvers, mais de facies un peu plus « méridional », soit à influences « océaniques » moins accentuées. Cette faune du Bolderberg, représentée par des coquilles silicifiées, consiste presque exclusivement dans les vestiges (préservés de la dénudation diestienne) d'un ancien cordon littoral d'émersion, qui surmonte les sables blancs bolderiens, et elle présente tous les caractères d'une manifestation vitale dont les éléments n'ont pas vécu absolument sur place, ce en quoi diffèrent les éléments de la faune des sables miocènes du site d'Anvers. Il y a donc eu remaniement, mais *dans quelle mesure?* Tel est le point intéressant à étudier au Bolderberg.

Pour A. Dumont, la faune miocène du Bolderberg *a vécu dans les sables blancs bolderiens* sous-jacents au cordon littoral. C'est également la thèse défendue, depuis 1876, par M. le professeur J. Gosselet et par la plupart des géologues qui se sont occupés de la question. Mais M. Dewalque a conçu tout autrement les relations des divers dépôts sableux et coquilliers du Bolderberg et il lui a fallu pour cela modifier profondément et adapter à ses vues le type classique du Bolderien de Dumont. Pour M. Dewalque, en effet, il n'y aurait de bolderien que les sables glauconifères de la base de la formation arénacée du Bolderberg et les sables blancs quartzeux qui les surmontent. Quant au cordon littoral à faune miocène il serait *indépendant* et d'âge postérieur. Dans son *Prodrome* il le rattache au *Pliocène diestien* recouvrant, mais je suppose qu'il a dû revenir de cette erreur?

Ce serait alors actuellement, pour lui, une sorte de *biseau* littoral intercalé entre le Pliocène diestien, qui couronne la colline, et les sables bolderiens qui en forment la masse principale et inférieure. Ce sont les sables sous-jacents, glauconifères, puis quartzeux purs, que

M. Dewalque croit pouvoir rattacher à l'Oligocène supérieur ou Aquitainien, c'est-à-dire au grand horizon des lignites limbourgeois et du Rhin.

Conformément à ces vues, M. Dewalque se trouve donc forcé de modifier le type établi par Dumont et de restreindre le terme stratigraphique *Bolderien* aux seuls dépôts sableux ci-dessus mentionnés, tandis qu'il doit être amené, par l'évidence des faits paléontologiques, à rapprocher de l'Anversien miocène d'Anvers le cordon littoral fossilifère du Bolderberg. Or, il importe de le remarquer, c'est *surtout* celui-ci qui a servi de type à Dumont pour l'établissement du terme employé, puisque dans son *Rapport sur la Carte géologique du royaume* (Bull. Acad. R. des Sciences de Belg., t. XVI, 1849) il dit, en créant son Bolderien « Le terrain MIOCÈNE (celui-ci n'avait pas encore été démembré à cette époque pour recevoir comme oligocènes les horizons inférieurs correspondant à nos étages tongrien et rupelien) se divise donc en systèmes tongrien, rupelien et *bolderien*, dont les noms rappellent ceux des localités où ces systèmes sont remarquables par les fossiles qu'ils renferment. » Plus loin, page 370, il parle des « sables fossilifères du Bolderberg ». Je me propose d'ailleurs d'établir ultérieurement à loisir, par une profusion de preuves tirées, sans commentaires, des notes, manuscrits et écrits de A. Dumont, que la *caractéristique dominante* de son étage bolderien est fournie par l'*élément paléontologique*, par conséquent par la *faune miocène* à coquilles silicifiées du « cordon littoral » de la colline.

Cela mettra hors de doute, comme l'établissent les résultats de l'étude géologique sur place, que le « **Bolderien** » de M. Dewalque est, dans sa composition comme dans ses assimilations, *une abstraction toute personnelle, une véritable fiction stratigraphique*, ayant regrettablement bouleversé la notion précise et formelle de la constitution de l'**étage miocène bolderien de Dumont**, et cela dans la localité type du Bolderberg.

En ce qui me concerne, mes premiers pas (au début, il est vrai, de ma carrière géologique et il y a de cela 22 ans), sur la célèbre colline n'ont pas été plus heureux que la thèse encore actuellement défendue par M. Dewalque. En 1874, en effet (1), je ne voyais au Bolderberg qu'une émergence sableuse, que je croyais pouvoir rapporter au Rupelien. Je rattachais au Diestien (qui à cette époque englobait les sables miocènes à Pétoncles d'Anvers) le cordon littoral fossilifère du Bolderberg et, en séparant le lit coquillier classique des sables sous-jacents par

(1) *Rapport sur une excursion faite le 16 juillet 1874 au Bolderberg près de Hasselt*, par E. VAN DEN BROECK (Ann. Soc. Malacol. de Belgique, t. IX, 1874, Bull. des Séances, pp. CXL-CLXXX).

un hiatus — dans lequel je voyais place pour l'Oligocène supérieur et le Miocène tout entier — je commettais ainsi, à mon entrée dans la carrière, l'erreur où persiste si regrettablement aujourd'hui M. Dewalque, qui toutefois restreint la lacune au Miocène inférieur.

Mais six ans plus tard, la stratigraphie du Tertiaire belge avait progressé. M. Gosselet, en 1876 (1), puis M. P. Cogels, en 1877 (2), avaient nettement démontré qu'il fallait séparer du Diestien pliocène, les sables à Panopées et les sables à Pétoncles de la région d'Anvers.

Si, ultérieurement (3), j'ai découvert divers gîtes faisant connaître les éléments, à peine soupçonnés auparavant, de la faune pliocène diestienne, bien distincte de celle des sables à Pétoncles, cette faune, je l'avais déjà, dès 1880, retrouvée au Bolderberg même (4), en la distinguant nettement du niveau fossilifère sous-jacent, à coquilles miocènes. Ce résultat était conforme aux conclusions de MM. Gosselet (1876, *loc. cit.*) et Cogels (1877, *loc. cit.*), qui avaient parfaitement vu que le « cordon littoral » coquillier du Bolderberg était nettement antérieur au Diestien recouvrant.

Mais dans mon exposé de 1880 je défendis encore (*Obs. nouv. dépôts du Bolderberg*), avec une conviction digne d'un meilleur objet, la thèse aujourd'hui maintenue par M. Dewalque; car, au Bolderberg, je voyais alors trois systèmes distincts : 1^o un sable d'émersion, et de dune même, terminant la série oligocène rupelienne; 2^o un cordon littoral miocène ou à faune « anversienne »; 3^o le Diestien, que je montrais être fossilifère également dans la fameuse colline, et d'âge incontestablement pliocène. Mais les tâtonnements et erreurs du début firent place bientôt, et surtout quand mes explorations pour le Service de la Carte me permirent d'étudier *monographiquement* notre Tertiaire supérieur, à des vues plus précises et plus stables.

C'est ainsi qu'en octobre 1884 (5) (il y a donc douze ans) je pus, à la

(1) *Relations des sables d'Anvers avec les systèmes diestien et bolderien*, par J. GOSSELET. (Ann. Soc. Géol. du Nord, t. IV, 1876-77.)

(2) *Considérations nouvelles sur les systèmes bolderien et diestien*, par P. COGELS. (Ann. Soc. Malacol. de Belgique, t. XII, 1877. Mém., pp. 7-26.)

(3) *Contributions à l'étude des sables pliocènes diestiens*, par E. VAN DEN BROECK. (Ibid., tome XIX, 1884. Mém., pp. 7-27). — *Note sur la découverte de gisements fossilifères pliocènes dans les sables ferrugineux des environs de Diest*, par E. VAN DEN BROECK. (Ibid., t. XIX, 1884. Bull. d. séances, pp. 68-72.)

(4) *Observations nouvelles sur les sables diestiens et sur les dépôts du Bolderberg*, par E. VAN DEN BROECK. (Ann. Soc. Malacol. de Belgique, t. XV, 1880. Bull. séances.)

(5) *Note sur la découverte de fossiles miocènes dans les dépôts de l'étage bolderien à Waenrode (Limbourg)* par E. VAN DEN BROECK. (Ann. Soc. R. Malacol. de Belgique, tome XIX, 1884. Bull. des Séances, pp. 57-66.)

suite de ma découverte d'une faune miocène dans les sables blancs bolderiens de Waenrode (où n'existe pas la circonstance, si spéciale, du cordon littoral à éléments remaniés du Bolderberg), annoncer qu'il y avait lieu « d'écarter sans retour l'hypothèse, généralement admise jusqu'ici, de l'âge oligocène des dépôts bolderiens. » Le résultat, tant au point de vue stratigraphique que paléontologique, était clair et concluant. Le gîte représentait bien le niveau stratigraphique des sables bolderiens dits sans fossiles, et sous-jacents au cordon littoral d'émer-sion du Bolderberg ; quant à la faune, bien *in situ*, elle appartenait nettement au Miocène.

La conséquence de ma découverte, confirmée depuis par MM. G. Vincent et M. Mourlon, qui ont, après moi, soigneusement exploré la colline et les gîtes de Waenrode, était que l'identité d'âge miocène ainsi constaté entre les sables anversiens de la région d'Anvers et ces dépôts typiques du Bolderien du Limbourg pouvait engager à abandonner, du moins *comme étage*, le nom d'**Anversien**, pour englober l'ensemble de ces dépôts miocènes sous le nom de **Bolderien**. Comme nom de faciès régional, ou peut-être même d'assise supérieure, le terme d'Anversien pourra ultérieurement revenir au jour, quand les relations chronologiques précises des dépôts miocènes du Limbourg avec ceux de la région d'Anvers seront plus complètement élucidées, le synchronisme n'étant nullement absolu lorsqu'on aborde la question au point de vue du détail chronologique régional.

M. Dewalque paraît s'être refusé — j'ignore absolument pourquoi, car il n'a jamais fait connaître ses raisons — à accepter les conclusions logiques de ma découverte de Waenrode ; c'est donc afin d'exposer aux membres de la *Société belge de Géologie* l'absolu bien fondé et les facilités de vérification de la dite découverte, si capitale dans ses résultats de statigraphie générale, que j'avais proposé l'excursion du Bolderberg et de Waenrode, me proposant d'y convier ceux de mes collègues du *Conseil de direction de la Carte* qui se sont occupés de la question, et particulièrement M. Dewalque, qui contestait mes résultats.

C'est dans ces conditions qu'à la séance du 6 juillet 1895, du Conseil de direction de la Carte géologique, l'ordre du jour appelant la révision de la légende du Miocène supérieur, une décision fut prise, que le Procès-verbal autographié relate en ces termes :

« Quant à la légende du Miocène supérieur, le Conseil décide, sur la proposition de M. Dewalque, de surseoir à toute décision jusqu'à ce que l'on ait pu, dans l'excursion projetée des 14 et 15 courants, se rendre compte *de visu* des relations stratigraphiques du cordon littoral et du

sable blanc du Bolderberg avec le sable blanc fossilifère de Waenrode, renfermant la faune miocène des sables noirs d'Anvers. »

Mon honorable contradicteur M. *Dewalque* allait donc se trouver en mesure de me confondre, si mes dernières observations à Waenrode et au Bolderberg ne devaient pas être absolument confirmées par les excursionnistes, auxquels je *l'avais instamment prié de se joindre*, ainsi d'ailleurs que M. *Ch. de la Vallée-Poussin*, notre collègue au Conseil de direction de la Carte.

Une invitation spéciale avait été adressée également à M. *G. Vincent* le paléontologiste bien connu, dont la compétence en matière de conditions de gisements ne saurait être contestée. J'avais prié aussi M. *Max Lohest*, membre de la Commission géologique et ancien élève de M. *Dewalque*, de se joindre à nous. Enfin, par une chance fort appréciée, deux géologues de l'étranger, absolument désintéressés dans le débat fourni par la stratigraphie belge, MM. *G. Dollfus* et *J. Lorié*, membres d'ailleurs de la Société, voulurent bien, par leur participation à l'excursion, nous apporter également leur précieux concours. On voit donc que rien n'a manqué pour un contrôle consciencieux des faits à interpréter et des vues en présence.....; rien, si ce n'est la présence de M. *G. Dewalque*, principal intéressé qui, ainsi que son collègue M. de la Vallée-Poussin, s'est fait excuser au dernier moment.

Cet exposé préliminaire, quelque long qu'il ait pu paraître, était nécessaire pour donner aux résultats de l'excursion leur véritable portée et pour bien établir les responsabilités personnelles.

Course au Bolderberg du 14 juillet 1895.

Étaient présents : MM. *V. Bennert*, *E. Cuvelier*, *L. Dollo*, *G. Dollfus*, *Th. Gilbert*, *A. Hankar*, *A. Hegenscheid*, *G. Jottrand*, *Ch. Lahaye*, *J. Lorié*, *G. Pierre*, *H. Raboëe*, *Slagmuylders*, *Cl Van Bogaert* et *E. Van den Broeck*, membres de la Société, MM. *M. Lohest* et *G. Vincent*, invités.

Le mauvais temps relatif qui régnait la veille, au départ de Bruxelles, avait amené quelques vides dans nos rangs qui, sans cette circonstance, eussent été bien plus nombreux.

Les excursionnistes étaient munis d'un document autographié, avec coupes et notes explicatives, destinées à faciliter la mise en relief des problèmes en discussion.

Divers comptes rendus d'excursions au Bolderberg ont été publiés et des descriptions ont été fournies, qui permettent d'éviter de nombreuses redites. La plus précise et la plus complète de ces descriptions se trouve dans le travail publié dans le t. IV (1876) des *Annales de la Société géologique du Nord*, par M. le Prof. J. Gosselet sous le titre : *Relations des sables d'Anvers avec les systèmes diestien et bolderien*. J'y renverrai donc le lecteur, comme il a fallu y renvoyer les excursionnistes qui voulaient se faire une idée de la superbe *coupe d'ensemble* que formaient naguère les talus de la route de Viverselle, qui traverse la crête de la colline en son milieu et perpendiculairement à son grand axe. Les éboulis sableux cachent aujourd'hui, sous des masses épaisses et mobiles de sables glauconifères diestiens, la majeure partie des belles sections naguère visibles.

De plus, une consigne sévère, et strictement appliquée par les gardes-forestiers, défend les talus contre les fouilles trop hardies des géologues et des amateurs de paléontologie, et c'est à grand'peine si, en trois ou quatre points au plus, derniers vestiges accessibles du célèbre « cordon littoral » à fossiles silicifiés, les excursionnistes ont pu faire, en même temps que leurs observations stratigraphiques, une assez maigre récolte de bons vestiges de la faune bolderienne.

Ils ont pu constater toutefois, sans aucune observation contradictoire : 1° L'indépendance absolue du Pliocène diestien — avec lit de cailloux arrondis de silex noir à la base et à allures ravinantes bien accentuées — d'avec le lit coquillier silicifié du cordon littoral miocène ; 2° la descente accidentelle par ravinement en diverses places, jusqu'au niveau et même en dessous du niveau coquillier miocène, du Pliocène diestien recouvrant ; 3° les divers cas de mélange sédimentaire et paléontologique, ainsi que d'ablation totale des éléments coquilliers miocènes résultant de ces irrégularités du phénomène dénudateur ; 4° l'explication rationnelle que fournit cette circonstance de l'introduction — qui a été faite, tant dans les collections que dans les listes publiées de la faune miocène du Bolderberg — d'éléments *étrangers*, qui appartiennent donc au Pliocène diestien.

Il est à remarquer à ce sujet — et sans que le fait ait pu être constaté à l'excursion d'une manière aussi démonstrative qu'il l'avait été quelques années auparavant — que lorsque les fossiles silicifiés du Miocène bolderien se trouvent, par remaniement de dénudation, englobés dans les sédiments pliocènes, l'altération chimique est parvenue fréquemment à dissoudre la silice des coquilles et à n'en conserver qu'une empreinte en creux, identique alors à l'état ordinaire où l'on retrouve, dans le Diestien du Bolderberg, les éléments de sa faune

propre. S'il est donc toujours facile, soit dans les collections, soit dans les recherches paléontologiques faites sur place, de reconnaître et de séparer les fossiles miocènes du Bolderberg par leur *état silicifié* si particulier, il n'en est pas de même des empreintes devant constituer la faune pliocène diestienne. Si, à une hauteur que l'on peut évaluer de 0^m.60 à 1 mètre au-dessus de la base caillouteuse du Diestien glauconifère et ferrugineux, on peut s'attendre à trouver, pure et exempte de tout mélange d'éléments miocènes remaniés, la faune diestienne — représentée, bien entendu, par de simples empreintes dans les grès ferrugineux diestiens — de tels grès *diestiens* peuvent montrer parfois plus bas, et à la base même de la formation, des empreintes provenant de la dissolution des fossiles silicifiés *miocènes*, épars sporadiquement dans cette base des sables diestiens, par suite des nombreux cas de démantèlement du cordon littoral miocène sous-jacent.

Nous n'avons point retrouvé, par suite du développement des éboulis qui recouvraient de leur manteau meuble les roches diestiennes d'une bonne partie de la tranchée, les *nids fossilifères* diestiens précédemment explorés, mais ce point d'ailleurs n'avait rien de commun avec le but principal des investigations des excursionnistes.

Le cordon littoral miocène a, en somme, et malgré le peu d'étendue de ses divers points restés accessibles, pu être étudié avec soin. Nous l'avons retrouvé ici simple, là dédoublé; tantôt caillouteux tantôt graveleux, plus ou moins riche en fossiles assez roulés et brisés, mais parfois aussi en bon état et dont seule la friabilité relative empêchait la récolte aisée. Au durcissement à l'air ces fossiles silicifiés reprennent vite leur solidité, et il en est d'ailleurs qui se retirent directement en fort bon état du gisement fraîchement mis à découvert par les fouilles.

Les excursionnistes ont pu tous nettement constater qu'il existe au-dessus du cordon littoral, une faible épaisseur (0^m.15 à 0^m.30 au maximum) de sédiments arénacés, souvent assez fins et très micacés, argilo-limoneux d'aspect et nettement stratifiés, séparant le cordon littoral miocène de la base du Pliocène diestien. J'ai fait remarquer à ce sujet que **l'on pouvait se demander** si ce n'était pas sur l'aspect, peu marin en apparence, et très particulier en tout cas, de ce faible vestige sableux — qui surmonte l'amas coquillier et caillouteux, visiblement remanié, en sa qualité de cordon littoral — que A. Dumont se serait basé pour admettre qu'il y aurait là, au sommet de la formation marine bolderienne, l'indication, le très faible vestige, d'un étage spécial non marin, plutôt fluviatile ayant amené ce *remaniement* des coquilles, qu'il reconnaissait d'ailleurs *contemporaines des sables sous-jacents* : étage spécial, qu'il croyait pouvoir ainsi placer, d'après cette seule observa-

tion, *au-dessus* de son Bolderien marin, alors qu'en réalité *les lignites du Rhin*, qui constituaient le type qu'il avait en vue d'englober dans ce prétendu *Bolderien supérieur*, se rattachent à la série oligocène et sont bien antérieurs au Miocène marin bolderien.

D'après moi, c'est l'observation du fait matériel d'une couche fossilifère bolderienne à éléments *triturerés* (dont il avait méconnu la signification de cordon littoral d'émergence, et qu'il croyait produite — conjointement avec ces deux à trois décimètres de sable stratifié d'*aspect* limoneux, et non franchement marin, qui le surmontent — par un remaniement, avec alluvionnement fluvial, postérieur à la phase marine bolderienne), qui a dû pousser Dumont à admettre *un étage supérieur bolderien* (1). Il est à remarquer toutefois qu'il n'a pas cru pouvoir indiquer, au Bolderberg, ce faible vestige comme devant se rattacher au dit Bolderien supérieur, situé à l'étranger principalement et qu'il ne fait nettement commencer que dans le Limbourg hollandais, bien qu'il signale « sous le sol campinien » des traces de sable et de lignite, qu'il croit pouvoir rapporter à son étage bolderien fluvial. (Rapport de 1849.)

(1) Peut-être Dumont a-t-il eu tort de ne pas utiliser cette observation, s'il l'a faite, pour essayer d'établir nettement en Belgique le représentant, ou un faciès de son *Bolderien supérieur*, qu'il a si regrettablement fondé sur des dépôts de l'étranger (les lignites du Rhin) qui n'ont rien à voir avec nos dépôts bolderiens miocènes. A ce sujet, je désire émettre ici, pour la faire discuter, une opinion personnelle, dont je n'ai pas voulu, lors de l'excursion, compliquer par son exposé, les problèmes en vue : mais je la fournis ici incidemment, non pas tant pour prendre date, que pour provoquer son **examen critique**.

S'il devait ultérieurement se vérifier que l'action sédimentaire qui, d'une part, a pu affouiller et démanteler l'extrême sommet de la formation sableuse marine miocène du Bolderberg, en triturant et en mélangeant avec les cailloux et graviers du sommet (postérieurement amenés par voie fluviale, torrentielle ou autrement) les coquilles de ces sables marins sous-jacents, et qui, d'autre part, a donné naissance à ces sables argilo-limoneux stratifiés et d'aspect plutôt fluvial que marin ; s'il devait se vérifier, dis-je, que cette action constitue un phénomène non compris dans l'évolution de l'appareil littoral d'émergence, et distinct de la sédimentation marine du Bolderien, alors on pouvait hardiment l'attribuer, me paraît-il, à un *processus fluvial* ou du moins d'*émergence continentale* avec affouillements corrélatifs. On arriverait ainsi à maintenir le principe d'un *Bolderien supérieur non marin*, comme l'avait voulu A. Dumont. **Seulement**, au lieu de rattacher, par une inexplicable erreur d'assimilation de phénomène, ce Bolderien supérieur belge à l'*horizon oligocène et aquitanien des lignites du Rhin*, comme l'ont fait A. Dumont et Dewalque, ainsi qu'à certains sables à lignites de la Campine limbourgeoise, qui sont oligocènes, ce serait à la formation *miocène supérieure d'Anvers*, soit au *Miocène anversien* que l'on pourrait logiquement tenter de raccorder ce Bolderien supérieur du Limbourg. Nous aurions ainsi en Belgique un étage bolderien miocène, dont l'assise inférieure marine (et typique) serait localisée dans le Limbourg et dont l'assise supérieure, présenterait, sous forme d'Anversien typique, son faciès marin, largement

Quoi qu'il en soit de l'opinion, toute personnelle, que je viens d'exprimer, sans chercher d'ailleurs à la faire accepter, mais qui *seule* me paraît pouvoir *expliquer l'erreur où est tombé A. Dumont*, cette mince couche de sable stratifié, argilo-limoneux, ne nous a rien appris de nouveau lors de l'excursion. Pour en revenir aux faits notés lors de celle-ci, j'ajouterai que les excursionnistes ont vainement cherché, comme lors des courses antérieures faites au Bolderberg depuis ma découverte à Waenrode, des traces de fossiles dans les *concrétionnements gréseux* de dureté moyenne et non glauconifères, quoique légèrement ferrugineux, qui terminent par places l'assise sableuse bolderienne. C'est surtout vers le flanc septentrional de la crête traversée par la route de Viverselle qu'on les observe, à peu de distance sous le cordon littoral à coquilles silicifiées. Les conditions lithologiques paraissent, à première vue, analogues à celles du gîte de Waenrode, mais j'ai fait remarquer aux excursionnistes qu'ici au Bolderberg, et, au niveau de ces grès, nous sommes tout à fait *au sommet* de la masse de sables quartzeux, qui constitue, sur une forte épaisseur, les flancs de la colline, tandis qu'à Waenrode, comme on le constatera le lendemain, la dénudation diestienne a sans doute emporté une grande partie de ce massif sableux supérieur, puisque nous verrons la faune bolderienne *in situ* des grès de Waenrode séparée par deux mètres au plus des niveaux glauconifères formant la *partie inférieure* de l'étage bolderien.

J'ai fourni à mes collègues la preuve de cette différence de conditions. En effet, préalablement à l'exploration de la grande tranchée, j'ai fait exécuter sous leurs yeux un sondage à peu de distance de l'entrée méridionale de la dite tranchée. On a pu voir retirer à 2^m. 10 à 3^m. 80 et enfin de 5^m. 10 à 5^m. 30, des éclats de silex et des fragments de grès brisés, montrant un développement assez considérable de sables remaniés, ou dépôts de pente, voire même de déblais de la tranchée. A 5^m. 30 a été rencontré le sable *in situ* bolderien, qui était représenté, non pas par les zones glauconieuses inférieures, mais par le sable blanc quartzeux pur, et un peu micacé, de la masse supérieure. Or, à l'aide des indications précises du baromètre altimétrique Goulier, qui me permet d'apprécier nettement une dénivellation de 0^m. 50, j'ai pu montrer, en me reportant, de suite après le sondage, au contact diestien le plus proche, visible à cent mètres du sondage dans la tranchée, qu'il y avait une distance verticale d'*au moins 16 mètres* entre le niveau bolderien quart-

développé dans le bassin inférieur de l'Escaut, et son facies continental et fluvial, faiblement représenté, au-dessus de l'assise inférieure un peu ravinée, dans la colline du Bolderberg, et peut-être encore en d'autres points élevés de la plaine primitive dont cette colline au moins constitue un si intéressant témoin.

zeux pur atteint au fond du sondage et le sommet de cette même formation. Je crois pouvoir évaluer à *une vingtaine de mètres* au moins, le développement, au Bolderberg, de cette zone sableuse supérieure, non glauconifère, et l'on voit donc que le gisement fossilifère de Waenrode appartient à un niveau **beaucoup plus inférieur** que celui des grès et des concrétionnements ferrugineux qui terminent le Bolderien sableux, sous le *cordon littoral à coquilles silicifiées*. *La faune de Waenrode correspond donc à un niveau très inférieur au cordon littoral du Bolderberg dans l'ensemble de l'étage miocène bolderien.*

Cette conséquence toute naturelle des observations faites n'a été contestée par personne lorsque le lendemain, à Waenrode, je l'ai rappelée aux excursionnistes.

Un sujet d'étude bien différent était encore indiqué à l'attention des explorateurs.

M. J. Vincent avait naguère ramassé sur les flancs du Bolderberg un bloc de gravier blanc quartzeux agglutiné, contenant, en même temps qu'une grande quantité de *Corbula striata*, une empreinte triangulaire de Lamellibranche, qu'il avait rapporté au caractéristique *Corbulomya complanata* du Scaldisien supérieur ou Poederlien, à *Corbula striata* de la région d'Anvers. On pouvait, dès lors, se demander si par hasard il n'y aurait pas eu dans ces parages du Limbourg, bien avant la dénudation de la plaine primitive, dont le Bolderberg constitue un des derniers vestiges, une extension vers l'Est de la mer pliocène poederlienne, ou scaldisienne supérieure, qui, comme on le sait, s'est avancée beaucoup plus loin vers l'Est dans la Campine qu'on le croyait auparavant.

Le problème n'était pas sans intérêt. Mais l'excursion l'a fait résoudre par la négative. En effet, de nombreux blocs sporadiques, épars sur les flancs et vers le sommet de la colline, ont été recueillis par les excursionnistes, qui se sont aussi attachés, dans les régions du plateau terminal, à rechercher, mais sans résultat, les vestiges éventuels de la formation poederlienne.

L'étude de ces blocs n'a fourni aucune donnée permettant de croire qu'ils puissent s'interpréter autrement que comme les vestiges démantelés du niveau fossilifère bolderien qui, sous le Diestien, couronne la colline et, de plus — argument sans réplique — M.G. Dollfus a trouvé *in situ, dans ce même niveau*, une coquille silicifiée identique en tous points à celle qui a dû produire l'empreinte qui avait naguère attiré l'attention de M. Vincent. La question de détermination spécifique a été admise par M. Vincent lui-même, qui a vu la coquille et ne peut

la rapporter qu'à *Corbulomya complanata*, bien que jusqu'ici cette espèce ne fût pas connue dans notre faune miocène bolderienne. Il est donc acquis qu'aucun fait ne permet plus de maintenir la thèse de la préexistence, dans ces parages, de la mer pliocène poederlienne, ou scaldisienne supérieure.

Il n'y a plus à signaler, pour le reste de nos constatations au Bolderberg, que la découverte, dans un des chemins creux du flanc méridional à l'Ouest du grand chemin creux de la crête, d'une coupe, que nous avons pu mettre à découvert et montrant, entre le Diestien caillouteux à sa base et le cordon littoral à coquilles silicifiées, un développement plus grand que partout ailleurs, de la zone argilo-sablo-limoneuse, et un peu stratifiée, que nous avons vue, sur 2 à 3 décimètres au plus, dans les coupes du chemin creux. Ici, cette zone présentait environ 70 centimètres d'épaisseur. La notion que les *coquilles silicifiées du Bolderien appartiennent bien à l'horizon géologique des sables sous-jacents et recouvrants qui les englobent*, apparaissait ici avec bien plus d'évidence encore que dans les talus du grand chemin creux, et cette observation, en même temps qu'elle appuyait mes vues, s'accordait avec celles de M. A. Dumont sur ce point et donnait parfaitement raison à l'interprétation des coupes du Bolderberg, fournie et figurée par M. le Prof. Gosselet, dans sa Note descriptive de 1876.

En résumé, l'excursion au Bolderberg a fourni plusieurs constatations intéressantes et restées indiscutées, non seulement sur la signification des diverses conditions des gisements paléontologiques que la colline renferme; sur la non-existence du Poederlien en ces parages; sur les relations des niveaux graveleux et caillouteux avec les dépôts circonvoisins; mais encore, et *surtout* sur les différences de niveau, dans l'ensemble du développement sableux de l'étage, du cordon littoral silicifié d'avec le gîte de Waenrode, qui, on le constatera demain, se trouve situé *sensiblement plus bas* dans cet étage miocène du Limbourg.

Elle a provoqué aussi une explication, plausible tout au moins, de l'erreur stratigraphique de Dumont en ce qui concerne le choix du type étranger de son Bolderien supérieur.

Le point capital de la controverse résidant dans les observations à faire à Waenrode, je passe rapidement à la deuxième journée de l'excursion.

Course à Waenrode du 15 juillet.

Plusieurs de nos collègues nous ont quittés, le point spécial à soumettre au contrôle des faits et qui constituait l'objectif de la journée à laquelle avaient été invités spécialement MM. Dewalque et de

la Vallée-Poussin, n'offrant évidemment qu'un intérêt assez relatif aux non spécialistes.

La présence d'ailleurs de MM. G. Dollfus, M. Lohest, J. Lorié, G. Vincent, A. Hankar, me permettait, même en l'absence de mon honorable contradicteur, d'assurer pleinement une constatation rigoureuse des faits avancés lors de ma découverte du gîte de Waenrode.

Or, ces géologues pratiquants et familiarisés avec l'observation des conditions de gisement, n'ont, pas plus que M. M. Mourlon, qui a visité naguère le gîte de Waenrode, et pas plus qu'aucun des autres membres présents de la Société belge de Géologie, pu contester un seul point de mon exposé publié en 1884, relatif aux conditions du gîte de Waenrode. J'aurais vainement fait appel à la controverse: l'*évidence des faits* devait, en toute loyauté, faire reconnaître, sans débat, le bien fondé de mes affirmations et descriptions de 1884, auxquelles je ne puis que renvoyer le lecteur, sous peine de redites. Or, malgré le doute que M. Dewalque, *par personne interposée* il est vrai, cherche à faire naître à cet égard, aucune critique ne fut soulevée.

On a reconnu ici, comme au Bolderberg, l'indépendance absolue du Pliocène glauconifère diestien d'avec le substratum sableux, concrétionné, ferrugineux au sommet, dont le sépare un lit caillouteux bien marqué. Quelques maigres empreintes, difficilement déterminables, ont été vues dans le gros sable glauconifère pliocène; mais de ce côté nos recherches n'ont pas été fructueuses. Par contre, en divers points du sommet de la colline de Waenrode, et dans des sédiments absolument distincts de ceux du Pliocène diestien, et principalement dans les parties les plus dures et les plus concrétionnées de ces sables sous-jacents bolderiens, nous avons tous nettement constaté, et cela à une distance de 30 à 60 centimètres sous les cailloux diestiens, l'existence d'une faunule bien *in situ*, sans trace de remaniement ni de « cordon littoral » ni même de cailloux ou graviers épars joints aux fossiles: faunule dont les Lamellibranches se montraient souvent restés *bivalves* et par conséquent incontestablement *in situ* dans les sables bolderiens.

Mais il y a mieux: M. G. Vincent nous a appris — ce que j'ignorais absolument — que lors de ses explorations *personnelles* faites à Waenrode, à la suite de ma découverte du gîte, il a eu l'occasion de creuser sous la base des talus et, à une faible profondeur (à moins de 2 mètres sous la base du Diestien), il a trouvé, dans des zones glauconifères cohérentes ou un peu concrétionnées, des empreintes fossilifères très nettes, avec lamellibranches restés *bivalves*, qui ont été recueillies par lui et jointes à la petite collection miocène actuellement déposée au Musée de Bruxelles. Cette importante déclaration, que j'ai été heureux

d'enregistrer comme preuve péremptoire de l'état incontestablement *in situ* de la faune bolderienne dans les dépôts de Waenrode, nous a engagés également à faire des fouilles en vue d'atteindre ce niveau inférieur. Mes hommes d'équipe, armés de bêches, eurent vite fait d'atteindre, à moins de 2 mètres, sous le contact boldero-diéstien, les niveaux inférieurs ou glauconifères où M. Vincent avait constaté les zones, un peu durcies ou plus cohérentes, ayant fourni les empreintes dont il venait spontanément de nous rappeler l'existence. Malheureusement, dans l'excavation faite sous nos yeux, les zones localement durcies ont fait totalement défaut, ce qui ne nous a pas permis de retrouver autrement que par des traces peu appréciables, le niveau inférieur fossilifère signalé par M. Vincent. Toutefois, cette exploration a eu l'avantage, en nous montrant la *proximité immédiate de la zone glauconifère inférieure bolderienne* (qui se trouve d'ailleurs à proximité dans les talus des chemins creux du flanc méridional de la colline de Waenrode) de nous faire constater *de visu* ce que j'avais annoncé la veille au Bolderberg : savoir que le gîte bolderien de Waenrode représente, dans l'épanouissement de cet étage sableux, une zone très inférieure à celle représentée par le cordon littoral d'émersion du Bolderberg qui, on l'a vu hier, se trouve séparé par une vingtaine de mètres (dont au moins 16 constatés directement) de la partie inférieure glauconifère de l'étage.

Quelques petits graviers et grains grossiers et d'autres, glauconieux, s'étant offerts à l'observation sagace de quelques-uns des explorateurs, qui avaient démoli à grand renfort de coups de pic et de marteau les grès durs du sommet fossilifère de l'affleurement bolderien, je fis remarquer *les caractères de leur localisation*, qui m'avaient échappé lors de mes observations de 1884. Ces éléments divers se trouvaient épars en effet dans des sortes de *tubulures* irrégulières et contrastant, par l'hétérogénéité de leur composition lithologique — où la grosse glauconie diéstienne dominait — avec le grain fin, quartzeux, régulier et un peu micacé, sans aucune trace de glauconie, du dépôt bolderien. Cet aspect de *tubulures* dans les zones littorales, et de contact de formation sableuse, est bien familier à quiconque a étudié nos sables tertiaires, où les dépôts de plages sous-marines et voisines du littoral sont si fréquents. Il est dû à l'action souterraine des *annélides arénicoles* et dans le cas présent il représente le travail des vers marins de la grève diéstienne qui est venue recouvrir, lors des premières phases d'immersion de ces dépôts pliocènes, le sable miocène bolderien. Ces annélides, ayant ainsi pénétré dans celui-ci, y ont entraîné les grains quartzeux grossiers et parfois graveleux, ainsi que les nombreux grains glauconieux qui caractérisent la sédimentation diéstienne recouvrante.

Il n'y a donc aucune analogie entre l'apport (par suite de ces circonstances toutes *biologiques*) de quelques grains grossiers ou graveleux dans le remplissage des tubulures d'annélides ayant perforé la partie supérieure du fin sable miocène bolderien et les *circonstances stratigraphiques* qui, sensiblement plus tard, au Bolderberg, ont provoqué l'établissement du *cordon littoral d'émersion* qui marque la fin de la sédimentation marine bolderienne. En 1884 j'avais pensé que ces petits graviers, éléments grossiers et sporadiques, pouvaient provenir d'affouillements de la mer diestienne. Je constate que mon explication actuelle, absolument d'accord avec les faits observés par les excursionnistes, n'a, pas plus que les constatations précédentes, soulevé d'objection chez aucun d'entre eux.

Restait à aborder l'argument *paléontologique*, mais ceci réclame des études qui évidemment ne pouvaient se faire sur place. Les fossiles recueillis par nos divers collègues étaient certes assez nombreux et variés pour que l'on puisse raisonnablement espérer qu'ils fourniront une petite adjonction à la faunule actuellement connue de Waenrode. J'eus peut-être mieux fait de demander la centralisation, aux mains de M. Vincent par exemple, des échantillons recueillis, afin d'en posséder plus rapidement la liste complète, déterminée par ce spécialiste si compétent, auquel je dois les déterminations de mes premières découvertes paléontologiques à Waenrode.

Si je n'ai point agi ainsi, c'est que, mû par le désir de laisser chacun des arbitres de la question litigieuse en pleine et libre possession de sa part personnelle de la récolte formant le bilan paléontologique de la journée, j'ai préféré attendre les contributions personnelles de chacun. Cela pourra faire l'objet d'une note ou annexe ultérieure et, pour le moment, je me contenterai de dire qu'*aucune forme* pouvant être attribuée à l'*Oligocène*, même le plus supérieur, n'a été observée par les excursionnistes, tandis qu'à première vue nous avons retrouvé la *plupart des espèces miocènes* et d'extension encore plus récente, qui avaient été signalées, d'après les déterminations de M. Vincent, dans ma petite liste de 1884.

Je rappellerai que cette liste, qui comprend, outre des formes douteuses ou indéterminables, *dix-neuf* espèces de mollusques dûment déterminés, ne comprend, elle non plus, **pas une seule espèce du terrain oligocène**. Il en est au contraire *seize* qui se retrouvent dans le *Miocène d'Anvers* et huit d'entre elles ont été recueillies au Bolderberg. De plus, les affinités avec les couches tertiaires récentes que présente la faunule de Waenrode, se constatent par ce fait, que sur ces dix-neuf espèces, il en est *quatorze* qui appartiennent également à la

faune du *Pliocène diestien*, et enfin il en est onze qui vivent encore dans les mers actuelles.

Voici d'ailleurs la liste des espèces que j'ai pu, d'après les déterminations très soigneuses de M. G. Vincent, signaler dès 1884. Il suffit de la parcourir pour être fixé sur ce fait que la thèse de M. Dewalque de l'âge *aquitainien* ou *oligocène supérieur* qu'il voudrait voir attribuer au sable bolderien —, à l'encontre de Dumont, du Prof. J. Gosselet et de nos observations à tous, à Waenrode comme au Bolderberg — constitue une **erreur scientifique** sur laquelle il devient inutile d'insister plus longtemps, vu surtout les vérifications amenées par la présente journée d'excursion, à laquelle il a été si fâcheux de ne pas voir M. Dewalque lui-même donner, par sa présence, sollicitée par nous, la sanction que lui seul peut-être croit encore pouvoir réclamer sur ce point.

Voici la liste des fossiles miocènes du sable bolderien de Waenrode.

Cassis saburon, Brug.
Cassis Rondeletti? Bast.
Ficula intermedia, Sism.
Chenopus pes-pelecani, L.
Turritella incrassata, J. Sow.
Scaphander lignarius? L.
Pecten Caillaudi? Nyst.
Nucula laevigata, J. Sow.
Yoldia semistriata, S. Wood.
Cardium subturgidum, d'Orb.

Lucina borealis, L.
Lucina Drouetti? Nyst.
Cryptodon flexuosum, Mont.
Isocardia lunulata, Nyst.
Cytherea rudis? Poli.
Tellina compressa, Broc.
Semele prismatica, Mont.
Cultellus tenuis, Phil.
Corbula striata, W. et B.
Teredo, sp.

On se souvient que dans ma Notice de 1884, j'ai signalé la présence, en divers points de nos plaines belges, de fossiles marins dans les sables bolderiens. Ce sont surtout les sédiments inférieurs, ou glauconifères, qui paraissent devoir fournir, lorsqu'on les explorera attentivement, les éléments des gisements futurs, qui ne tarderont sans doute pas à étendre les démonstrations paléontologiques fournies par le Bolderien de Waenrode.

Dans mon *Explication de la feuille de Bilsen*, publiée en 1883, j'ai signalé, p. 124, des traces de Lamellibranches marins, malheureusement indéterminables, vers la base des sables glauconifères micacés bolderiens de Waltwilder, près de Bilsen. Je compte proposer à la Société de revoir ce gîte à sa prochaine exploration, convenue depuis longtemps déjà, des dépôts du Limbourg. Sur le territoire de la feuille voisine de Veldwezelt, j'ai fait une observation analogue.

Ce n'est pas seulement dans le Limbourg que le Bolderien nous laisse espérer la découverte de gîtes fossilifères affectant les couches

inférieures de l'étage, et où la question de remaniements ultérieurs ne saurait être soulevée. M. le Dr Raeymaekers a en effet depuis longtemps constaté dans les sables bolderiens glauconifères de la classique colline de Pellenberg, près Louvain, en plein Brabant, des traces de fossiles marins, dont l'état de conservation malheureusement ne permettait pas la détermination spécifique, mais qui se rapportaient nettement aux genres *Nucula*, *Cardium*, *Cardita*, *Pecten*, *Pinna*, *Lucina*, *Pholadomya* et *Balanophyllia*, qui tous, sauf la *Pholadomye*, sont des genres bien représentés dans les mers *miocènes*. Je rappellerai, pour plus de précision encore, que M. Vincent, qui, à l'annonce des constatations faites au Pellenberg, par M. Raeymaekers, s'y est rendu et y a positivement rencontré, outre une grande *Pholadomye*, restée indéterminable, les empreintes indiscutables de *Yoldia semistriata* et de l'espèce miopliocène *Ficula intermedia* de notre faunule de Waenrode.

La première de ces espèces est essentiellement *pliocène* et c'est assez dire, pour le peu d'éléments que l'on possède de la faune des sables glauconifères et des sables blancs quartzeux du Bolderien, combien elle s'accorde avec la faune silicifiée du sommet de la formation au Bolderberg, pour faire énergiquement rejeter comme *absolument inexacte* la thèse, si opiniâtement défendue par M. Dewalque, de l'âge oligocène et aquitanien des sables bolderiens de Dumont.

Faut-il rappeler enfin, comme je l'ai fait aux excursionnistes, le riche gisement de Ramsel, situé à mi-chemin entre le site d'Anvers et la région de Waenrode et du Bolderberg, gîte où M. Raeymaekers, puis successivement MM. Vincent, Mourlon et moi-même, avons retrouvé, dans un sable glauconifère et graveleux, reposant en poches sporadiques, sur l'argile de Boom, une *faune miocène* identique à celle des gisements miocènes d'Anvers et recouverte par des sédiments blanchâtres quartzeux, analogues d'aspect et de caractères, aux sables supérieurs non glauconifères, du miocène bolderien de Waenrode et du Bolderberg.

Pour tous les observateurs présents à l'excursion de Waenrode, aucun doute n'a pu amoindrir le bien fondé absolu des constatations que j'avais annoncées et que je comptais bien montrer à M. Dewalque lui-même, mais que tout au moins son ancien élève et collègue actuel de l'Université de Liège, M. Max Lohest a pu vérifier à sa place avec MM. G. Dollfus, J. Lorie, G. Vincent et les divers membres de la Société qui nous accompagnaient, tels que M. le capitaine d'État-Major A. Hankar, professeur suppléant à l'École de guerre et d'autres excursionnistes, dont l'adhésion unanime fut acquise à l'interprétation rationnelle qui jaillissait *des faits observés*.

J'extrais maintenant le passage suivant du Procès-verbal autographié de la séance du 23 juillet 1895 du *Conseil de direction de la Carte*, qui attendait, pour prendre une décision relative à la légende définitive du Miocène, les résultats de notre excursion, que j'avais annoncée et pour laquelle j'avais adressé des invitations au Conseil, excursion ayant ainsi une portée quasi officielle.

Procès-verbal de la 97^e séance du Conseil de direction

SÉANCE DU 23 JUILLET 1895

FIXATION DÉFINITIVE DE LA LÉGENDE DU MIOCÈNE SUPÉRIEUR

« M. Van den Broeck rend compte des excursions des 14 et 15 courant au Bolderberg et à Waenrode. Tous les géologues présents, parmi lesquels MM. Dollfus, J. Lorie, G. Vincent, M. Lohest, E. Cuvelier, A. Hankar, etc., ont reconnu le bien fondé de la thèse de M. Van den Broeck, d'après laquelle les sables blancs du Bolderberg renferment une faune miocène *in situ*. M. Dewalque, sans contester absolument ce résultat, bien qu'il eût préféré pouvoir continuer à considérer le sable bolderien comme étant d'âge oligocène supérieur, constate cependant que M. Van den Broeck n'a pas démontré qu'il n'y a pas dans les termes *anversien* et *bolderien* deux horizons miocènes successifs, à différencier dans la légende.

» M. Van den Broeck, tout en reconnaissant la possibilité ultérieure d'une telle distinction, ne croit pas qu'elle soit suffisamment établie actuellement pour qu'il puisse en être tenu compte dans la légende.

» Après avoir entendu les développements qui viennent d'être résumés succinctement sur la question du Miocène supérieur bolderien, question qui se trouve tranchée en réalité par la publication de certaines feuilles, le Conseil décide de passer à l'ordre du jour. »

On se souvient que trois jours après cette séance, où la discussion, quoique assez longue, s'était maintenue dans les plus agréables conditions de calme et de courtoisie mutuelle, et sans laisser prévoir la possibilité d'aucun incident ultérieur, M. G. Dewalque, *au grand étonnement de tous ses collègues indistinctement du Conseil de direction*, adressa brusquement sa démission de membre et de Vice-Président du Conseil de direction de la Carte géologique.

Je n'ai pas à rechercher ici si le **Bolderien** est la *cause* ou simple-

ment le *prétexte* de cette résolution, qui a, postérieurement au dépôt du présent compte rendu, provoqué entre MM. *Dewalque* et *Mourlon*, une polémique assez vive (1), à laquelle la date de publication de ces lignes me permettra de faire plus loin allusion: mais, pour ce qui me concerne, je croyais pouvoir prendre acte de la reconnaissance, suffisamment explicite, formulée dans les lignes suivantes du Procès-verbal ci-dessus rapporté : « M. Dewalque, sans contester absolument ce résultat, bien qu'il eût préféré pouvoir continuer à considérer le sable bolderien comme étant d'âge oligocène supérieur » membre de phrase, *qui me paraissait bien rendre compte de ce qu'avait dit en séance* M. Dewalque, après l'exposé oral que j'avais fait au Conseil de direction des résultats de l'excursion des 14 et 15 juillet 1895. Mais, dans une circonstance ultérieure, M. Dewalque paraît vouloir faire dévier le débat principal : celui de l'âge *oligocène* ou *miocène* des sables bolderiens, car, dans le Procès-verbal autographié du 19 octobre 1895, l'honorable ex-membre du Conseil a fait formuler par M. de la Vallée-Poussin, la demande, qui fut accueillie, de faire insérer, à l'occasion de l'adoption du Procès-verbal du 23 juillet, cette déclaration que « M. Dewalque a énergiquement protesté au sujet de l'emploi prématuré selon lui, du terme « bolderien » pour le miocène supérieur de la région anversienne ».

On constate que M. Dewalque, quoique ne faisant plus partie du Conseil de direction de la Carte, trouva encore le moyen d'y entretenir l'agitation, créée par lui, autour du Bolderien car, dans la séance du 7 décembre, à l'occasion de l'adoption du Procès-verbal de la séance précédente du 19 octobre, M. de la Vallée-Poussin fut de nouveau chargé, par M. Dewalque, de rectifier sa précédente rectification.....

Nous y lisons en effet : « M. de la Vallée Poussin donne lecture du passage suivant d'une lettre que lui a adressée M. Dewalque, avec prière de la soumettre au membre-secrétaire :

(1) *Pourquoi j'ai donné ma démission de membre et vice-président du Conseil de direction de la Carte géologique de la Belgique*, par G. DEWALQUE. Ann. Soc. géolog. de Belgique. Tome XXIII. Bulletin pp. xxi-xxv. — (Procès-verbal de la séance ordinaire du 20 novembre 1895.)

Lettre adressée par M. Mourlon à M. le Président de la Société géologique de Belgique, en réponse à la note de M. G. Dewalque relative à sa démission de membre et vice-président du Conseil de direction de la Commission de la Carte géologique de la Belgique, (Ibidem. Bulletin pp. xxxvi-xl. — (Procès-verbal de la séance du 15 décembre 1895.)

Pourquoi j'ai donné ma démission. Réponse à M. Mourlon, par G. DEWALQUE (Ibidem. Bulletin pp. xlviii-lx). — Procès-verbal de la séance du 19 janvier 1896.

« M. Dewalque n'a pas protesté contre l'emploi prématuré du terme » Bolderien » au lieu de celui « d'Anversien ». Il s'est efforcé de » démontrer que ces deux termes ne peuvent pas être assimilés ». —

Voici ce que j'ai cru devoir répondre, en séance, à cette nouvelle rectification :

« M. Van den Broeck fait remarquer que l'assimilation résultant de » l'emploi d'un même nom d'étage n'implique nullement un synchro- » nisme *absolu*. Il est persuadé que ses collègues du Conseil admettent » parfaitement, comme lui, *que les couches bolderiennes du Limbourg » peuvent être d'âge quelque peu antérieur à celles de la région » anversienne et pourraient en être, par suite de progrès ultérieurs, » séparées sous forme d'assise.* »

C'est *ici*, bien entendu, que je souligne typographiquement les points essentiels de cette déclaration, afin d'en bien signaler la portée.

Je me serais volontiers dispensé de rappeler toutes ces phases d'une discussion aussi stérile par elle-même qu'ennuyeuse probablement pour le lecteur ; mais comme il est assez difficile de rencontrer l'opinion actuelle de M. Dewalque sur ces questions d'Oligocène, de Miocène et de Bolderien autre part qu'intimement mêlée à des polémiques d'allures fort personnelles, force m'est bien de recourir aux citations indispensables pour apprécier ses vues.

Nous venons de voir que la question, nettement posée, d'âge *oligocène* ou *miocène* des sables bolderiens — question où M. Dewalque a dû sentir le terrain se dérober sous ses pas — s'est trouvée discrètement abandonnée par lui, après son demi-aveu — contesté cependant plus tard — de la séance du 23 juillet 1895 et a été transformée en *une question de synchronisme* entre les facies bolderien et anversien, où une *nuance* seule nous sépare de lui, puisque M. Murlon et moi admettons parfaitement qu'il n'y a point synchronisme *absolu*.

En ce qui me concerne personnellement, j'ai même été plus loin, comme on l'a vu plus haut, et je crois pouvoir persister dans cette voie, qui amènera sans doute un certain accord sur ce point avec M. Dewalque, parce qu'elle me fera proposer peut-être, pour la deuxième édition de la Carte, l'admission d'un étage bolderien miocène, englobant sous forme d'assises successives, le Bolderien type du Limbourg et l'Anversien du bassin de l'Escaut, facies distincts géographiquement aussi, et qui d'ailleurs ne peuvent se retrouver superposés nulle part, du moins dans leurs représentants marins.

Ramenons donc le débat à son point de départ et à ses véritables termes.

M. Dewalque a-t-il définitivement rendu les armes et reconnu — comme l'ont fait indistinctement tous les géologues et paléontologues qui depuis douze ans ont revu ou étudié avec soin le Limbourg et notamment le Bolderberg et Waenrode — que le sable bolderien du Bolderberg et de Waenrode est *miocène* et n'a absolument rien de commun avec l'*Aquitaniien* ou *Oligocène supérieur*? Voilà le terrain sur lequel la question peut être maintenue utilement pour la science.

C'est encore *dans sa polémique* que M. Dewalque nous fournira les éléments les plus complets de sa réponse à cette question, faute — à une exception près qui sera examinée plus loin — d'études ou de données récentes plus strictement scientifiques.

Comme je le disais plus haut, une vive discussion s'est engagée, à la Société géologique de Belgique, entre MM. *Dewalque* et *Mourlon*, au sujet de l'incident du *Bolderien*, adopté en définitive comme Miocène, à la suite de la séance du 23 juillet du *Conseil de direction de la Carte géologique*, incident qui semble avoir, au moins indirectement, provoqué la démission, relatée plus haut, de ce géologue, comme membre et Vice-Président du dit Conseil.

Je n'ai pas à m'occuper ici des considérations personnelles constituant le fond de ce débat, profondément regrettable aux yeux des géologues, persuadés que les maigres avantages moraux que M. Dewalque a pu retirer de ses multiples polémiques antérieures, auraient dû l'engager à renoncer désormais à sa spécialité de fougueux polémiste et *Magister es-géologie*, tentant de faire passer successivement sous sa férule la plupart de ses confrères en géologie, sans en excepter même certains de ses collègues de l'Académie! Mais puisqu'il n'en est pas ainsi et qu'il tient à se cantonner dans le domaine où s'est surtout illustrée sa carrière scientifique, retirons de ces éléments, d'ordre cependant si peu géologique, ce qui peut nous éclairer sur les vues de notre impétueux contradicteur.

Nous lisons dans le Procès-verbal de la séance ordinaire du 20 novembre (*loc. cit.*) de la *Société géologique de Belgique*, au cours d'un premier article de M. G. *Dewalque*, exposant pourquoi il a donné la démission mentionnée tantôt, les phrases suivantes :

« Quand il y a quatre ans, le Conseil s'est occupé de la classification de nos terrains, il laissa indécise, après discussion, la question de l'*Anversien* et du *Bolderien*, dont la solution n'était rien moins qu'urgente. Elle a reparu à son ordre du jour dans ces derniers temps et elle a donné lieu à une longue discussion entre M. Van den Broeck et moi dans notre séance du 6 juillet.

Il s'agissait de savoir si l'on maintiendrait, comme l'avait fait A. Dumont, un nom spécial, bolderien, et une teinte spéciale, à certains sables blancs du Limbourg, ou si, comme le demandait M. Van den Broeck, on les laisserait réunis sous ce nom et avec une même teinte, aux sables noirs d'Anvers (Anversien).

Le 23 juillet, la discussion recommença entre M. Van den Broeck et moi, et elle fut longue. En terminant, je fis remarquer à mes collègues que si mon opinion était reconnue inexacte, il suffirait d'avertir que sur toute la carte, ces deux teintes devraient être considérées comme n'en faisant qu'une, sous le nom de bolderien; tandis que, si l'opinion contraire était erronée, il serait impossible de faire connaître la correction sans une nouvelle édition.

Quelle erreur est celle de M. Dewalque sur le fait de cette impossibilité !

Rien n'eût été plus facile, si mon opinion — non précisément à moi, car c'est aussi celle de MM. *Gosselet, Dollfus, Lorie, Murlon, Rutot, Vincent* et de bien d'autres ayant étudié notre Bolderien — devait être reconnue inexacte, que de faire connaître la correction *sans une nouvelle édition*. En effet, les dépôts miocènes, ou anversiens, de la région d'Anvers et du bassin de l'Escaut inférieur **sont absolument distincts et séparés géographiquement** des dépôts que A. Dumont le tout premier, créateur du Bolderien miocène du Limbourg, et tous les géologues précités, rangent sans aucune hésitation dans ce Miocène bolderien.

Il y a *plus de 20 kilomètres de distance* entre le massif miocène d'Anvers et celui des affleurements les plus proches du Bolderien du Limbourg et, en réalité, par le fait de ravinements diestiens, il n'existe point de communication souterraine entre eux, ni aucune superposition, cachée ou accessible, pouvant les faire se confondre cartographiquement en cas d'interprétation erronée.

La remarque finale sur l'effet de laquelle comptait M. Dewalque, tombe donc complètement à faux !

Mais il y a mieux; je m'en empare pour l'opposer avec autrement d'à propos à mon honorable contradicteur.

Si l'on avait dû, au Conseil de direction de la Carte, adopter les vues de M. Dewalque sur l'âge du Bolderien du Limbourg et colorier celui-ci — comme il le voudrait lui seul contre tous — comme Oligocène supérieur, ou Aquitanien, non seulement c'eût été introduire dans la Carte belge une donnée gravement erronée et contraire à l'*évidence des faits*, mais aboutir, pour les cartes de raccordement avec les pays voisins, comme par exemple dans la *Carte géologique internationale de l'Europe*, à raccorder faussement aux formations, dûment aquitaniennes, du Limbourg hollandais et de la Prusse rhénane, nos dépôts miocènes du Limbourg.

Voilà qui eût été autrement grave, comme résultat fâcheux, et de

portée internationale, que d'attribuer la même teinte, et sans noms différentiels d'*assises secondaires*, aux deux grands massifs miocènes de nos contrées. Et... qui le croirait... : ce qui eût été la conséquence forcée de la thèse si personnelle de M. Dewalque, si on l'avait admise, lui fournit précisément un grief qu'il ne craint pas de me faire, comme on le verra plus loin, grief qu'il *rencontre à ma charge* dans la Carte internationale de l'Europe, où il serait la conséquence de l'adoption de mes vues ! Il me paraît difficile de dépasser, dans l'art de la polémique, une telle... sérénité !

Nous reprendrons ce sujet plus loin et revenons à la discussion engagée par M. Dewalque à la Société géologique de Belgique.

Le Procès-verbal de la séance du 19 janvier 1896, renferme un nouvel article dont la tendance est bien conforme à son titre, plus personnel que scientifique : *Pourquoi j'ai donné ma démission. Réponse à M. Mourlon*, par G. Dewalque.

L'auteur critique (p. L) la rédaction du Procès-verbal de la séance du Conseil du 23 juillet et dit que c'est à tort que le dit Procès-verbal lui fait dire « qu'il aurait préféré continuer à considérer le sable bolderien comme étant d'âge oligocène supérieur ». C'est à tort aussi, prétend-il, que le Procès-verbal de M. Mourlon lui fait dire « que M. Van den Broeck n'a pas démontré qu'il n'y a pas dans les termes anversien et bolderien deux horizons *miocènes* successifs à différencier dans la légende ». Jamais, affirme M. Dewalque, il n'a dit rien de pareil : « jamais il n'a rangé le Bolderien dans le Miocène ».

Il n'est certes pas facile de vérifier si M. Dewalque s'est servi de mots ayant trahi sa pensée, mais mes souvenirs personnels ne me laissent nullement admettre sa protestation contre aucune inexactitude de ce genre dans le Procès-verbal, et d'ailleurs si M. Dewalque n'avait pas parlé de deux horizons successifs à différencier, à quoi ferait donc allusion cette réponse que j'ai faite, actée par le même Procès-verbal : « M. Van den Broeck, tout en reconnaissant la possibilité ultérieure d'une telle distinction, ne croit pas qu'elle soit suffisamment établie actuellement, pour qu'il puisse en être tenu compte dans la légende ».

Qu'importe d'ailleurs ce que M. Dewalque a dit, cru dire, ... ou retiré même de ce qu'il a pu dire, dans une séance dont il n'a point la responsabilité du Procès-verbal. Il n'y a à en retenir que la déclaration formelle contenue dans sa rectification : *jamais il n'a rangé le Bolderien dans le Miocène !* C'est là tout ce que je voulais savoir, et le débat scientifique se trouve ainsi remis sur son véritable terrain.

Toutefois une telle situation, claire et dépourvue de personnalité, ne peut, semble-t-il, convenir longtemps à mon honorable contradicteur,

car, plus loin, ce même article : « Pourquoi j'ai donné ma démission » nous apprend (pp. LVI-LVII), que M. Dewalque a tenu, pendant son étude de la question et en attendant les travaux annoncés par moi sur ce sujet, à savoir comment la question a été résolue sur *les cartes géologiques allemandes*.

Mais loin de rentrer enfin dans le domaine purement scientifique, que semble fuir si obstinément M. Dewalque, voici, au contraire, comment il parvient à viser, sous ce prétexte de cartes *allemandes*, ses confrères belges !

Il s'adresse pour cela à la **Carte géologique internationale de l'Europe**, qui se publie à Berlin, et dont la feuille 24 renferme la plus grande partie de la Belgique, et, après avoir rappelé que cette carte a été publiée d'après les documents fournis par les administrations officielles et que, par conséquent, à cette époque les tracés relatifs à la Belgique ont été fournis par le Chef de l'ancien service belge, M. Dupont, en même temps Directeur du Musée d'Histoire Naturelle, il détaille l'organisation du service géologique d'alors et, entre autres données, rappelle que *j'étais personnellement chargé*, dans la dite organisation, à base monographique, des terrains constituant l'ensemble du *tertiaire supérieur*. Si la *feuille 24* de la Carte géologique de l'Europe renferme quelque erreur en cette matière, le coupable est donc connu et signalé par M. Dewalque aux critiques ou aux reproches du monde géologique européen tout entier.

« Or, en consultant cette feuille 24, dit M. Dewalque, j'ai constaté que tandis que **les sables bolderiens de la Prusse rhénane sont colorés comme oligocènes**, ils sont confondus en Belgique avec l'anversien et rangés dans le Miocène, selon l'opinion soutenue par M. *Van den Broeck*. »

Il est à noter que cette phrase se trouve ainsi typographiquement isolée et imprimée en caractères gras, encore plus apparents que ceux qui précèdent !

Voilà bien, saisie sur le vif, l'essence de la polémique *scientifique* de M. Dewalque, échafaudant **sur une grave erreur stratigraphique et d'assimilation, commise par lui-même, le discrédit qu'il essaye de jeter sur la part de collaboration d'un confrère à l'œuvre de la Carte géologique d'Europe**.

N'est-il pas stupéfiant, en regard de cette attaque, de constater, on l'a vu plus haut (p. 137) que précisément si une erreur avait été réellement commise dans la carte d'Europe *ce n'aurait pu être que par l'adoption des vues et de la thèse défendues par M. Dewalque !*

Revenons à la phrase si bien mise en relief par M. Dewalque, car il est nécessaire de montrer l'**absolue fausseté** de l'accusation qu'elle renferme.

Que sont, en effet, les **sables « bolderiens »** de la Prusse rhénane, *colorés comme oligocènes*? S'ils sont notés et *colorés comme oligocènes* c'est que les géologues allemands, qui s'en sont occupés et qui les ont figurés sur la Carte internationale, en ont — avec raison d'ailleurs depuis que l'illustre créateur de l'Oligocène, feu le Prof. Beyrich, a reconnu, contrairement à l'opinion d'A. Dumont, leurs vraies affinités — constaté l'âge **aquitaniien**.

Ce ne sont donc pas des sables bolderiens.

Sont-ce *ces sables « bolderiens »* de la Prusse rhénane que j'ai confondus en Belgique avec l'Anversien et rangés dans la Miocène? Mais je ne les ai jamais vus, je *n'ai pas eu à m'en occuper* pour la Carte et je sais seulement, par les descriptions publiées et l'avis unanime des auteurs, qu'ils sont *aquitaniens* et n'ont absolument rien de commun avec notre *Anversien miocène*! Ce que j'ai rangé dans la Carte internationale avec l'Anversien, c'est le **Bolderien du Limbourg**, et, d'accord avec de nombreux géologues tels que *MM. Gosselet, Dollfus, Lorié, Murlon, Rutot, Vincent* et bien d'autres encore, je l'ai figuré et coloré comme *miocène* sur cette Carte d'Europe, m'appuyant pour cela sur la stratigraphie et surtout sur la faune essentiellement **miocène** de Waenrode et du Bolderberg, dont Dumont lui-même reconnaissait — M. Dewalque paraît étonnamment l'ignorer — la *faune miocène* du sommet comme *contemporaine* de ces sables sous-jacents que M. Dewalque s'obstine, malgré toute preuve et contre tous, à considérer comme l'équivalent de l'*Aquitaniien* ou *Oligocène supérieur de la Prusse rhénane*. La campagne qui a été poursuivie par M. Dewalque, on le voit, n'est plus de la discussion scientifique, et la phrase si *opportunément* mise en vedette par lui constituera, je l'espère, dans l'opinion du monde géologique un argument qui n'atteint que la délicatesse.... scientifique de son auteur et non la réputation de celui auquel il était destiné!

Mais quelle est donc, pour terminer, l'opinion de M. Dewalque, sur notre excursion des 14 et 15 courant, au Bolderberg et Waenrode? Il serait intéressant aussi de le savoir.

Une note insérée au bas de la page LVIII de l'article de notre contradicteur va nous l'apprendre. Voici la teneur de cette note :

On lit dans le procès-verbal de la 97^e séance (1) :

« M. Van den Broeck rend compte des excursions des 14 et 15 courant au Bolderberg et à Waenrode. »

(1) C'est celle du 23 juillet 1895).

« Tous les géologues présents, parmi lesquels MM. Dollfus, Lorié, G. Vincent, Lohest, Cuvelier, Hankar, etc., ont reconnu le bien fondé de la thèse de M. Van den Broeck, d'après laquelle les sables blancs du Bolderberg renferment une faune *in situ*. »

Or, M. Lohest m'écrit qu'il « n'a reconnu le bien fondé d'aucune thèse : qu'il s'est borné à constater les faits qu'on lui montrait et que, incompetent en paléontologie tertiaire, il a réservé son opinion. Il ajoute que d'autres membres pourraient en dire autant, que l'on n'a rien discuté et que personne, *sauf peut-être un*, n'a fait connaître son opinion. »

« *Ab uno disce omnes.* »

On voit par cette note que si M. Dewalque se dérobe volontiers à la discussion... scientifique, le trait et la posture du Parthe lui procurent une satisfaction qu'il trouve suffisante.

M. Lohest, lui, ne prévoyait certainement pas la participation morale qu'allait lui endosser son ancien maître dans les agissements ressortant du contraste entre ce que pourrait faire croire la rédaction ci-dessus et la réalité des faits, que nous allons rétablir sans retard.

M. Dewalque, qui se plaignait plus haut de ce que le Procès-verbal du 23 juillet, forcément sommaire, ne rendait pas bien sa pensée ou même ses paroles, aurait pu se dire qu'il n'y avait pas lieu, lorsque c'était moi que le Procès-verbal faisait parler, d'attacher tant d'importance aux termes mêmes de ce très hâtif résumé autographié. Il aurait pu facilement en trouver la preuve en ce que *jamais* il n'avait été question — comme il le savait parfaitement par le compte rendu oral de l'excursion qu'il m'a entendu faire, en séance, d'une manière fort complète — de vérifier l'existence d'une faune miocène *in situ* dans les sables blancs du *Bolderberg*, mais bien d'en contrôler la présence dans de telles conditions dans les sables et grès de *Waenrode* : ce qui a été fait ! De plus, les excursionnistes n'avaient nullement été réunis en vue de *reconnaître le bien fondé d'une thèse*, mais bien de *constater des faits*. Enfin, M. *Cuvelier* n'a assisté qu'à l'exploration du premier jour et non pas aux constatations capitales de la seconde journée à *Waenrode*.

La susdite rédaction ne pouvait donc émaner de moi et si j'ai été appelé à la revoir avant l'autographie — ce dont je ne me souviens plus — je me serai contenté de son sens général, bien suffisant. Quant à M. *Lohest*, que sa situation hiérarchique actuelle envers M. Dewalque met dans une situation difficile, sur laquelle j'aurais mauvaise grâce d'insister, il s'est borné, a-t-il écrit à M. Dewalque, à *constater les faits* qu'on lui montrait ; mais en cela précisément il a agi comme tout le monde, car il n'a pas été demandé autre chose ! S'il avait pu constater

des faits *contraires* ou seulement *défavorables* à ce que j'avais annoncé dès 1884, il n'aurait pas manqué évidemment de me les signaler à moi et aux géologues présents pendant l'excursion, puis, au retour, à M. Dewalque, **qui en eût largement fait état !** Si l'on n'a rien discuté — ce qui est parfaitement exact — c'est que toute discussion était impossible devant l'*évidence des faits*, et il ne faut pas être *très compétent* en matière de paléontologie tertiaire pour être à même de reconnaître *si des fossiles sont in situ ou remaniés* dans un gisement où les Lamellibranches sont parfois restés bivalves !

Personne, *sauf peut-être un*, n'a fait connaître son opinion, dit la note insérée par M. Dewalque. Ce géologue expansif, ce n'était certes pas M. G. Vincent, dont les sagaces recherches à Waenrode — on l'a vu plus haut dans mon compte rendu — lui ont fait découvrir des détails encore plus précis que ceux notés par moi-même. Ce n'est pas non plus notre calme et réfléchi confrère de Hollande, M. le Dr Lorie, à qui M. Dewalque a jugé délicat de demander personnellement par écrit son avis *sur ce que je lui avais montré à Waenrode*, comme s'il y avait lieu de mettre en doute mes affirmations ! Ce sera donc sans doute M. G. Dollfus, actuellement Président de la *Société géologique de France*, qui n'aura pas cru, lui, devoir *réserver son opinion*, car il l'a fournie *très clairement* peu après, en réponse à une note publiée par M. Dewalque dans le n° de décembre 1895 du *Geological Magazine*, sous le titre « Sur l'emploi du terme Bolderien », note dans laquelle le Professeur de Liège ne craint pas d'affirmer que le « nom de Bolderien a été originairement employé par Dumont *pour des sables blancs sans fossiles*, visibles au Bolderberg. »

Dans sa réponse intitulée : **Sur la véritable acception du mot Bolderien**, publiée dans le *Geological Magazine* du 1^{er} février 1896, M. Dollfus fait un magistral exposé — dont le Bulletin de la Société belge de Géologie publiera ultérieurement la traduction — et duquel il résulte que M. G. Dollfus montre, avec preuves péremptoires à l'appui, directement extraites des écrits de Dumont, que le caractère paléontologique et par conséquent *la faune miocène du Bolderberg* ont servi de base à l'illustre stratigraphe belge pour lui permettre la *création de son système bolderien*. Passant ensuite, au compte rendu sommaire qu'il fait de notre excursion de juillet 1895, à Waenrode, on va voir ce qu'en dit le savant Président de la Société géologique de France, dont l'autorité en matière de stratigraphie et de paléontologie tertiaire est — M. Dewalque le contestera peut-être — un élément dont la valeur s'impose dans le débat.

Après avoir signalé les principaux éléments de la faune si manifeste-

ment miocène du Bolderberg, M. Dollfus dit, dans son article du *Geological Magazine* :

» Il ne restera aucun doute dans l'esprit d'aucun géologue sur l'âge miocène d'une telle faune et sur le point qu'elle ne peut certainement pas être classée dans l'Oligocène. C'est une faune chaude, très distincte également de la faune froide ou tempérée du Diestien. »

L'auteur rappelle ensuite que le Prof. Gosselet, et bien d'autres, à la suite de Dumont, ont reconnu, contrairement à l'avis de M. Dewalque, que le lit fossilifère bolderien n'a rien de commun avec le Diestien recouvrant.

Voici maintenant ce que M. Dollfus dit de Waenrode et de l'excursion de la Société, dont M. Dewalque s'efforce si puérilement (voir ante, p. 140) de contester les résultats :

« Plus récemment M. Van den Broeck a découvert à Waenrode, près de Diest, dans les sables blancs du Bolderien un lit fossilifère qui n'est pas aussi voisin du sommet de la formation.

» L'été dernier, la Société belge de Géologie a fait une excursion dans ces localités, dans le but d'observer une fois de plus la position exacte des lits fossilifères. Les coupes ont été rafraîchies et tous les géologues présents : M. Lorie, d'Utrecht ; M. Lohest, élève de M. Dewalque ; M. Vincent, paléontologue, beaucoup de géologues belges distingués et l'auteur de la présente lettre, sont arrivés à la même conclusion, à savoir que le lit fossilifère est inclus dans les sables blancs, exactement comme l'avait dit Dumont il y a si longtemps. »

L'auteur termine son article en disant, après avoir soulevé la question, en suspens, d'un Bolderien supérieur fluviatile : « Il reste debout un excellent Bolderien marin, un type solide, caractérisé par sa paléontologie et sa stratigraphie, et nous pensons que nous pouvons, sans erreur, maintenir le vieux nom de Bolderien dans son acception originale réelle. »

Bien que la question du Bolderien puisse, après ceci, paraître vidée aux yeux de tout esprit impartial, j'y reviendrai encore, dans des publications ultérieures : l'une qui aura trait à la démonstration irréfutable que je compte faire, en employant *uniquement* les textes de Dumont, des relations intimes que l'illustre stratigraphe trouvait entre la faune miocène du Bolderberg et les sables blancs sous-jacents ; l'autre s'occupant spécialement de la faune de cet intéressant dépôt, faune dont les listes publiées réclament la soigneuse révision.

Quant à M. Dewalque, dont la ténacité à vouloir quand même — et rien qu'en se raccrochant désespérément à une erreur d'appréciation

de Dumont sur *l'équivalent étranger* du « Bolderien supérieur non marin, » — rattacher le Bolderien marin à l'Aquitanién, nous sommes en droit, après tout ce qui précède, et surtout après l'exposé qui vient d'être fait de sa méthode de discussion et de polémique, de considérer son opinion, *dépourvue de faits et de toute argumentation réellement scientifique*, comme un élément fort négligeable dans la question. Il est d'ailleurs curieux de constater que celle-ci lui est restée scientifiquement étrangère au point de n'avoir pu l'éclairer sérieusement sur l'opinion très nette qu'avait Dumont lui-même de son étage bolderien marin et de sa faune.

Il n'est point admis, ni par les règlements ni par les usages de la *Société belge de Géologie*, d'introduire des personnalités dans nos discussions scientifiques.

Bien qu'à première vue il semble que, dans les commentaires qui précèdent et qui suivent mon compte rendu de l'excursion de la Société au Bolderberg et à Waenrode, je me sois quelque peu départi de ces principes, je pense qu'un examen impartial de la question me fera accorder, sinon une absolution, que je crois cependant mériter, du moins le bénéfice des circonstances atténuantes. D'abord, je n'attaque pas, je me borne à nous défendre, le Bolderien miocène et moi, et la nature de la polémique dont on a tenté de nous rendre victimes, justifie amplement, je pense, la vivacité de mon argumentation, qui a dû, à regret, relever les... procédés de discussion de mon honorable contradicteur.

Pour terminer, je n'exprimerai plus qu'un regret.

Si toute l'énergie et l'ardente ténacité qu'a mises, pendant toute son existence, M. Dewalque à critiquer les travaux des autres et à contester les résultats obtenus en matière de progrès géologiques par les confrères belges, si nombreux, qu'il s'est complu à faire passer successivement sous son âpre férule, avaient pu être mises au service exclusif de la science, quelle brillante pléiade d'élèves et de disciples n'eût-on pu en espérer, au plus grand profit des progrès de nos connaissances sur la géologie belge ! Au lieu d'*exceptions*, dues surtout à des qualités natives, ses élèves eussent, autour de lui, formé *légion* et la réputation du professeur n'eût nullement souffert du fait que d'autres eussent pu librement travailler et penser à ses côtés et démontrer ainsi la valeur de son enseignement, dont certes le vénérable *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*, réédité en 1880 tel qu'il fut publié en 1868, n'est plus actuellement une démonstration suffisante (1).

(1) (Rédaction complétée en juillet-août 1896).

SEANCE MENSUELLE DU 29 OCTOBRE 1895

Présidence de M. L. Dollo.

La séance est ouverte à 8 h. 40.

M. le Dr *Eug. Dubois*, de La Haye, de passage à Bruxelles, est invité par M. le Président à prendre place au bureau, ainsi que M. le Dr *Houzé*, Président de la Société d'Anthropologie de Bruxelles, qui avait été prié d'assister à la séance, en raison de son intérêt pour la phylogénie de l'Homme.

Correspondance.

M. le Dr *Jacques* fait excuser son absence.

M. le Général *E. Hennequin*, Directeur de l'Institut cartographique militaire, fait parvenir à la Société les neuf feuilles constituant la 2^e livraison de l'édition en couleurs de la Carte topographique de la Belgique, à l'échelle de 40,000°. (*Remerciements.*)

Dons et envois reçus.

De la part des auteurs :

- 2073 **Draghicénu (M. M.)**. *Coup d'œil sommaire sur l'Hydrologie souterraine de la plaine roumaine au point de vue de l'alimentation de Bucharest*. Broch. in-8° de 40 pages, Bucharest, 1895.
- 2074 **Foresti (L.)**. *Enumerazione dei Brachiopodi e dei Molluschi pliocenici dei dintorni di Bologna*. Extr. in-8°, 230 pages, Roma.
- 2075 **Jones (T. R.)**. *The Fossil Phyllopoda of the Palæozoic Rocks*. Extr. in-8°, 12 pages, Ipswich, 1895.
- 2076 — *The Cretaceous Series of the upper Missouri*. Extr. in-8°, 5 pages, London, 1895.
- 2077 **Koenen A. von. und Schur W.** *Ueber die Auswahl der Punkte bei Göttingen, an welchen bei Probe-Pendelmessungen Differenzen in der Intensität der Schwere zu erwarten waren. — Ueber die Ergebnisse der ersten Pendelmessungen*. Extr. in-8°, 7 pages, Göttingen, 1895.
- 2078 **Lang (O.)**. *Dolerit von Rongstock*. Extr. in-8°, 4 pages. Wien.
- 2079 — *Dolomit-und Eisenerzbildung*. Extr. in-8°, 13 p., Essen, 1895.

- 2080 **Matthew (G. F.)**. *Two new Cambrian Graptolites with notes on other species of Graptolitidæ of that age*. Extr. in-8°, 12 pages, 2 pl. New-York, 1895.
- 2081 **Nicolis (E.)**. *Contribuzione alla conoscenza dei terreni quaternari del Veneto occidentale*. Extr. in-8°, 22 pages, Venezia, 1894.
- 2082 **Pellat (E.)**. *Résumé d'une description du terrain jurassique supérieur du Bas-Boulonnais et itinéraires d'excursions dans ce terrain*. Extr. in-8°, 41 pages, 1 tableau, Lille, 1878.
- 2083 — *Observations sur les couches fluvio-lacustres à Lychnus et l'Urgo-aptien d'Orgon (Bouches-du-Rhône)*. Extr. in-8°, 15 pages, Paris, 1892.
- 2084 **Sacco (F.)**. *I. Molluschi dei terreni terziarii del Piemonte e della Liguria*. Extr. in-8°, 8 pages, Torino, 1895.
- 2085 **Sacco (F.)**. *Trionici di Monteviale*. Extr. in-8°, 8 pages, 1 pl. Torino, 1895.
- 2086 — *Schema orogenetico dell' Europa*. Extr. g^d in-8°, 8 pages, 1 pl. Torino, 1895.

Extrait des publications de la Société :

- 2087 **Dollo (L.)**. *Sur la Phylogénie des Dipneustes*. 2 exemplaires.
- 2088 **Lorié (J.)**. *Contribution à la Géologie des Pays-Bas. — Les métamorphoses de l'Escaut et de la Meuse*. 2 exemplaires.

Périodiques nouveaux :

- 2089 *Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. Proceedings, in-8°, 1890 à 1895, n° 1. Journal g^d in-4°, vol. IX, X, 1 et 2.
- 2090 *Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin*. Mathem. und Naturw. Mittheilungen, g^d in-8°, 1882 à 1895, 14 vol.
- 2091 *Connecticut Academy of Arts and Sciences, Transactions*, New-Haven, in-8°, vol. IX, part. 1 et 2.
- 2092 *Geological Institution of the University of Upsala*. Bulletin, in-8°, vol. I et II, part. 1 (1892-1894).
- 2093 *Naturforschende Gesellschaft in Zurich*. Jahresschrift. Jahrgang, I (1856) à 40^e (1895), in-8°.
- 2094 *Comision Geologica Mexicana*. Mexico. Expedicion cientifica al Popocatepetl, 1895, in-8°.
- 2095 *Ministère de l'Agriculture et des Travaux publics, Bruxelles*. Bulletin de l'Agriculture, in-8°, 1895, t. IX, Livr. 1.

- 2096 *La Technologie sanitaire. Bruxelles. 1895, 1^{re} année, n° 1 à 10, in-8°.*
- 2097 *Davenport Academy of Natural Science. Proceedings, in-8°, vol. II à VI, part. 1.*
- 2098 *Kais. Leopold. Carol. deutsch. Akademie der Naturforscher Halle, in-4°, vol. 26-30 (1890-94).*

Présentation et élection de nouveaux membres effectifs.

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'Assemblée :

MM. G. GILSON, Professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Louvain, 95, rue de Namur, à Louvain.

ED. BERNAYS, Avocat, 42, avenue Van Eyck, à Anvers.

J. DE WINDT, Préparateur du Laboratoire de minéralogie de l'Université de Gand, rue Roger, à Gand.

Communications des membres.

M. le Président annonce une modification à l'ordre du jour annoncé, résultant du passage à Bruxelles de M. le Dr E. Dubois qui, à la demande de M. Dollo, a bien voulu promettre à la Société une communication, avec exhibition de pièces, sur le fameux *Pithecanthropus erectus* de Java.

Par suite de cette heureuse circonstance, MM. Rutot et Van den Broeck remettront à une séance ultérieure les communications qu'ils avaient annoncées et M. L. Dollo se contentera — afin de prendre date pour l'impression — de l'annonce de son mémoire sur les *Siréniens*; ce qui permettra de remplacer cette partie de l'ordre du jour par la communication que veut bien nous faire M. E. Dubois.

M. Dollo donne ensuite quelques détails sommaires sur l'étude qu'il a entreprise des Siréniens et dont le point capital est la description du remarquable type nouveau : *Miosiren Kocki*, Dollo, découvert par M. E. Van den Broeck dans les sables miocènes bolderiens (anversiens de certains auteurs), qui, à Boom, recouvrent, par places, l'argile oligocène de Boom. Le squelette du Miosirène est exposé dans les galeries du Musée de Bruxelles.

Dans ce travail, où la phylogénie des Siréniens occupera une large part, l'auteur a suivi la même méthode dans son étude antérieure sur les Dipneustes. L'étendue du travail et la confection des planches qui doivent l'accompagner, ne permettront pas le complet achèvement de l'œuvre avant l'année prochaine.

L'auteur demande que les frais que nécessitera cette publication soient reportés au budget de l'année 1896.

L'assemblée décide l'impression du Mémoire, qui est renvoyée au tome X du *Bulletin*.

M. A. Rutot se félicite de la présentation pour notre Recueil de cette importante étude, que l'Assemblée a eu raison d'accepter de confiance. Il signale que le précédent Mémoire de M. Dollo sur les Dipneustes a valu à son auteur une quarantaine de lettres de félicitations de zoologistes et de paléontologistes, montrant la grande portée de tels travaux et la haute estime en laquelle on les tient dans le monde savant. (*Applaudissements*).

M. le Président, en présentant à l'Assemblée M. le Dr Eug. Dubois, fait l'exposé synthétique de sa découverte.

Le lien existant entre les singes et l'homme manquait jusqu'ici à la science, qui n'avait pu qu'en prévoir l'existence. M. Dubois nous annonce l'avoir trouvé, et c'est la description de ces vestiges osseux qui a fait l'objet de la publication d'un Mémoire sensationnel que son auteur a bien voulu, il y a quelque temps, offrir à la Société. Aujourd'hui il vient nous exhiber les pièces en nature et veut bien, à cette occasion, nous donner quelques renseignements supplémentaires.

Les documents recueillis consistent en une *calotte crânienne*, un *fémur* et des *dents*. Ces pièces se trouvent décrites dans le Mémoire publié en 1894 par le Dr Dubois, sous le titre : *Pithecanthropus erectus, eine menschenähnliche Uebergangsform aus Java*, Batavia, Landesdruckerei, 1894.

Cette étude a provoqué dans le monde savant de vives polémiques, des avis divergents et même d'absolues dénégations.

Le savant américain Marsh, dans *Silliman's Journal*, s'est rallié à la thèse du Dr Dubois. Plus tard encore, au Congrès de Leyde, il a défendu cette thèse. Par contre, divers auteurs nient l'interprétation proposée. En Angleterre, on croit être en présence des vestiges d'un être humain. En Allemagne, on considère ces ossements comme étant ceux d'un singe. Les Français ne se prononcent pas d'une manière définitive. Le Dr Pohlig, notre collègue de Bonn, nous envoie précisément aujourd'hui un travail sur un fémur du Pliocène allemand, et qu'il attribue à un singe. Il combat M. Dubois; ce qui engage M. le Président à profiter du passage à Bruxelles de ce dernier pour l'inviter à nous présenter ses vues et à fournir ses réponses et objections.

M. le Président donne ensuite lecture du travail ci-après de M. le Dr POHLIG.

PAIDOPITHEX (1) RHENANUS, N. G; N. SP.,
le Singe anthropomorphe du Pliocène rhénan

PAR

Hans Pohlig,

Professeur à l'Université de Bonn.

Dans un travail publié en 1892 (2), j'ai exposé le résultat principal de mes recherches sur le fémur célèbre d'un singe (voir fig. 1) découvert par KAUP à Eppelsheim (Haut-Rhin), localité déjà bien renommée par le grand crâne de **Dinotherium**.

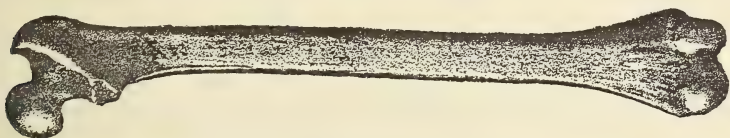


FIG. 1. — **Paidopithecus rhenanus**, Pohl., face postérieure du fémur droit, à un tiers de grandeur naturelle, du Pliocène inférieur d'Eppelsheim (Hesse rhénane), au musée de Darmstadt.

Des mesures minutieuses et des comparaisons répétées avec les fémurs de l'Orang, du Gorille et du Chimpanzé d'un côté, et le fémur humain de l'autre, m'avaient conduit peu à peu à constater : que *le fémur du singe pliocène rhénan est plus anthropomorphe, par la forme générale aussi bien que par la plupart de ses détails, que ceux des trois singes anthropoïdes récents*, quoique le développement, très faible encore, de la **linea aspera** caractéristique, bien marquée déjà dans le **Gorille** et le **Chimpanzé**, nous indique que l'allure droite n'était pas même aussi habituelle dans l'anthropomorphe d'Eppelsheim que dans ces derniers.

Ne connaissant pas encore assez exactement, en ce temps-là, les restes du **Dryopitèque** de Saint-Gaudens, conservés à Paris et

(1) Παις, enfant ; πίθηξ, singe.

(2) *Sitzungsber. Niederrhein. Ges.*, Bonn, 1892, p. 42. (*Verhandl. naturh. Ver. Rheinf.*, vol. II).

décrits par LARTET (1), je ne devais pas encore combattre l'opinion générale, en séparant génériquement le singe rhénan du genre susdit français, bien que la différence dans le degré d'anthropomorphisme d'un côté, et celle de l'âge géologique, de l'autre, paraissaient réclamer une telle séparation (voir fig. 2).

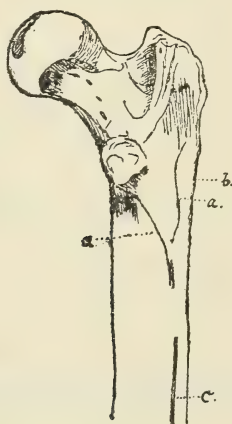


FIG. 2. — Partie supérieure de la fig. 1, en demi-grandeur, montrant le détail : a, a, lignes faibles; b, ligne âpre; c, partie anguleuse postérieure du corps.

Or, aujourd'hui, nous possédons le beau travail de GAUDRY sur une mandibule, nouvellement trouvée et plus complète, du *Dryopitèque* de Saint-Gaudens (2). Il en résulte que ce dernier genre occupe en effet une place phylogénétique *inférieure* à celles des autres anthropomorphes; et il est évident de plus, en conséquence, que le singe d'Eppelsheim, qui était *supérieur* au Chimpanzé (le plus anthropomorphe récent), ne doit plus actuellement être confondu génériquement avec le *Dryopitèque*.

Je propose donc le nom de **Paidopithex rhenanus** pour le singe pliocène d'Eppelsheim, vu que cet os avait été primitivement considéré (par SCHLEIERMACHER) comme celui d'un enfant de 12 ans, auquel, en effet, il ressemble plus qu'aucun autre. Il est fort probable que de nouvelles fouilles à Eppelsheim nous feront découvrir de nouveaux matériaux encore pour l'établissement de ce genre, extrêmement intéressant pour la phylogénie de l'homme.

Il est à noter qu'à l'époque du grand Cuvier, temps reculés, moins

(1) *Comptes rendus*, Paris, 1856, XLIII.

(2) *Mém. de la Soc. géol. de France, Paléontologie*, vol. I, p. 5, 1890.

favorables qu'aujourd'hui au libre développement de la science, le fémur important d'Eppelsheim (1) a été envoyé au célèbre naturaliste, qui l'a tout à fait méconnu. RICHARD OWEN ne l'a ensuite mentionné que pour constater quelque similitude avec le fémur du **Gibbon** (**Hylobates**).

Je finis cette communication en regrettant que des auteurs comme AMEGHINO, DUBOIS et tant d'anthropologues de mérite qui ont écrit sur des ancêtres supposés de l'homme, n'aient pas demandé, avant leurs publications respectives, le conseil de géologues plus expérimentés au point de vue de la valeur du gisement et de l'état de conservation; il est évident qu'on ne rend pas un service à la science, au moins, avec des descriptions au sujet desquelles ces points capitaux ne sont pas assez éclaircis. Quant au fémur provenant des Indes néerlandaises, figuré par DUBOIS, par exemple, aucun spécialiste assez expérimenté ne peut supposer un moment, à l'inspection de cette figure, que ce fémur est vraiment fossile et animal, mais admettra simplement une monstruosité pathologique de l'homme récent.

A la suite de cette lecture, M. Dubois exhibe les objets trouvés et décrits par lui et il fournit à leur égard divers renseignements qui se trouvent reproduits dans le résumé ci-après.

RÉSUMÉ

D'UNE

COMMUNICATION DE M. LE D^r EUG. DUBOIS

SUR LE

PITHECANTHROPUS ERECTUS

DU PLIOCÈNE DE JAVA

Les ossements ont été trouvés à Trinil, près de la ville de Ngawi, dans la partie moyenne de l'île de Java, pendant l'exécution de fouilles relatives à l'exhumation d'une faune fossile que M. Dubois avait été chargé de mettre au jour, pendant une campagne de six ans, subsidiée par le Gouvernement des Indes néerlandaises. La roche explorée consistait principalement en grès, en argiles durcies et en conglomérats plus localisés; le tout constituant une formation gréseuse de plus de 100 kilomètres de long et ayant un affleurement de 1 à 5 kilomètres de largeur.

(1) Le comptoir paléontologique rhénan du D^r KRANTZ, à Bonn, en vend des moulages assez bien faits.

M. Dubois a trouvé une grande quantité d'ossements. Il a rapporté de ses fouilles près de 400 caisses de débris de vertébrés, surtout de mammifères de toute nature. Les ossements exhibés n'ont pas été trouvés réunis, mais à proximité relative et à la même hauteur dans le dépôt. Le crâne a été trouvé de 1 à 3 mètres des dents, le fémur était à 15 mètres du crâne, mais dans la même couche, et dans le même plan stratigraphique. La nature et l'aspect des os sont les mêmes que ceux des os des divers animaux recueillis dans la formation gréseuse. M. Dubois considère ces vestiges comme appartenant à un même squelette. Il a constaté pour divers ossements d'animaux des distances également assez grandes entre des pièces appartenant indubitablement à un même squelette.

Le fémur a beaucoup de ressemblance avec le fémur humain; la forme est très humaine dans ses caractères, et sur ce point au moins la plupart des anatomistes et zoologistes sont bien d'accord. C'est surtout le crâne qui a donné lieu à des opinions divergentes : les uns y voient, sans hésiter, le crâne d'un homme : les autres, avec une conviction non moins profonde, le crâne d'un singe.

Il est hautement improbable que la formation géologique dont proviennent ces ossements soit pleistocène, car les types qui y ont été rencontrés : mammifères et reptiles, n'ont rien des caractères de la faune actuelle. Quant aux couches elles-mêmes, elles sont inclinées, sur une grande étendue, de 3 à 15° et cette inclinaison ne peut être attribuée à aucune action volcanique locale ou régionale. La géologie et la faune montrent que la couche géologique considérée est d'origine *tertiaire* et appartient au Pliocène.

La faune paraît plus ancienne que celle du Diluvium (ancien Pleistocène) de la vallée de la Narbudah, que l'on range dans le plus ancien Pleistocène, mais elle est certainement plus récente que la faune du Pliocène ancien des Monts Sivaliks. Elle ne peut donc appartenir, si les faunes de comparaison ont été placées à leur vrai niveau géologique, qu'au Pliocène supérieur.

Si le fémur était humain et le crâne simiesque nous aurions alors, à 15 mètres de distance horizontale, et exactement dans le même plan de couches, c'est-à-dire déposés ensemble au même moment, le premier homme tertiaire et le singe le plus paradoxalement anthropoïde de tous les singes vivants et fossiles connus jusqu'ici; ce qui ne serait guère admissible.

Du crâne on a voulu faire un crâne de Gibbon, mais il est beaucoup trop grand pour justifier cette hypothèse, à moins d'admettre que le

Gibbon fossile aurait eu une taille dépassant de beaucoup et un poids trois fois supérieur à celui d'un grand Gorille.

La capacité de ce crâne peut être évaluée à 1000 centimètres cubes. M. Manouvrier est arrivé au même chiffre par une autre méthode.

La capacité crânienne semble donc assez nettement établie. Il y a des crânes humains normaux, qui ont une capacité aussi minime; mais seulement dans les hommes de petite taille. Or, si le fémur appartient bien au même être celui-ci aurait eu une taille de 165 ou 170 centimètres. Le crâne serait donc trop petit pour un crâne humain normal.

M. Cunningham a pensé que des crânes de microcéphales seraient comparables, par le profil surtout; mais la région pariétale est plus aplatie ici en réalité que dans la figure de microcéphale fournie par M. Cunningham et que dans tout autre crâne microcéphale. L'arcade sourcilière de l'os frontal est plus proéminente, et surtout l'apophyse zygomatique de cet os est plus épaisse que dans tout crâne humain, même pathologique. La grandeur absolue du crâne est aussi plus forte que dans les microcéphales.

M. Dubois passe ensuite à la comparaison avec les crânes de Spy, décrits par M. Fraipont. Il arrive au même résultat que dans la comparaison précédente avec les types microcéphales. Dans les parties orbitaires latérales il y a même de grandes différences.

L'apophyse zygomatique du frontal, dans le crâne de Trinil, a été entièrement simiesque; elle est deux fois aussi épaisse que dans le crâne le plus pithécoïde de Spy et le rétrécissement temporal situé aussi en arrière que dans les singes. On ne peut se convaincre de cette particularité importante que par l'examen de l'original. Les crânes de Spy, sous ces rapports, sont franchement humains.

Les crânes de Spy sont également beaucoup plus larges.

En ce qui concerne le fémur, la plupart des anatomistes et des zoologistes le considèrent comme un fémur humain. Il y a des différences. Les fémurs humains présentent d'ailleurs aussi entre eux des différences, mais l'écart est ici trop grand.

M. Dubois a comparé 150 et M. Manouvrier a examiné dans le même but presque deux fois autant de fémurs humains, et le résultat de cette comparaison et de cet examen est que le fémur fossile n'entre pas dans le cercle des variations humaines. C'est surtout dans la région poplitée qu'il y a de grandes différences: le fémur exhibé est presque rond dans la section de cette région. La face interne de la diaphyse est très ronde; ce qui, d'ordinaire, n'est pas le cas dans les fémurs humains, qui présentent presque toujours un angle interne. Entre le trochanter major et le trochanter minor la crête est moins élevée qu'en

moyenne dans le fémur humain, où cependant on trouve parfois ce caractère, mais sans que jamais peut-être la forme soit la même qu'ici.

De telles différences, objecte-t-on, pourraient se trouver dans des races humaines éteintes. C'est une possibilité que l'on avance ainsi; mais une possibilité n'est pas un argument. D'ailleurs, ajoute M. *Dubois*, le fémur d'un anthropoïde bipède, comme l'a été, suivant moi, l'être de Trinil, ne pouvait être bien différent d'un fémur humain.

Le fémur est atteint d'exostoses pathologiques : tous les savants s'accordent pour ne pas attribuer d'influence à ce fait sur la forme générale du fémur.

Virchow dit que la carie guérie, qui serait indiquée ici d'après lui, semble contredire la supposition que l'être atteint de cette maladie peut avoir été un singe : l'être qui en fut la victime a dû être bien soigné; toutefois Virchow ne croyait pas que le crâne provienne d'un être humain.

Passant ensuite aux dents, M. *Dubois* montre à l'assemblée qu'elles se composent de la *troisième* molaire droite supérieure et de la *deuxième* molaire gauche supérieure. Elles ne sont pas de même grandeur : la seconde est moins large et plus longue; la troisième est plus large, moins grande dans son diamètre antéro-postérieur. Virchow prétendait que ces dents ne pouvaient provenir d'un même individu, mais il devait reconnaître que la dentition de deux singes anthropoïdes que M. *Dubois* a pu lui montrer au Congrès de Leyde, présentait cette conformation.

L'état de fossilisation des dents, ainsi que leur couleur, sont les mêmes; toutes deux présentent des traits de ressemblance dans les racines comme dans les couronnes; ces dents appartiennent bien à un même crâne et ce dernier ne peut être que celui auprès duquel elles ont été trouvées.

D'après la forme de leur couronne et de leurs racines elles sont plutôt pithécoïdes.

M. *Dubois* termine sa communication par les observations suivantes, dont il a envoyé la rédaction :

En finissant, permettez-moi de dire un mot relatif à la communication de M. Pohlig, sur le fémur anthropoïde d'Eppelsheim, notice que M. le Président vient de nous lire. Je suis heureusement en état de pouvoir vous montrer ici un bon moulage de cet os de singe, découvert avant qu'on ne connût aucun autre singe fossile, mais attribué d'abord à un enfant, puis beaucoup plus tard au Dryopithèque. Quoique le singe fossile de Saint-Gaudens appartienne à un horizon géologique un peu inférieur aux couches ossifères d'Eppelsheim,

M. Pohlig (1) lui-même rapportait encore, en 1892, ce fémur au Dryopitèque, tout en pensant que par certaines particularités anatomiques il était prouvé que chez celui-ci la locomotion bipède a été déjà bien plus avancée que chez les anthropoïdes vivants les plus proches de l'homme.

Un examen scrupuleux du fossile au Musée de Darmstadt et des comparaisons nombreuses que j'ai pu faire là, et ailleurs encore, entre l'original et les ossements des espèces vivantes d'anthropoïdes et comme aussi entre ces derniers et le moulage contrôlé, m'ont donné la conviction que ce fémur ne s'approche nullement du fémur humain plus qu'aucun fémur de Gibbon; il est très différent surtout de celui d'un enfant de 12 ans, dont les épiphyses sont très épaisses et encore non soudées. Au contraire, par sa forme entière, jusque dans les moindres détails, c'est un fémur ressemblant à celui des Gibbons; il n'y a de différence que dans ce qu'il est un peu plus grand.

Ce que M. Pohlig a pris pour *la ligne âpre* n'est autre chose que sa lèvre extérieure, qui, tout comme dans les Gibbons, est développée en forme de crête. Quant aux deux autres lignes, dont parlait M. Pohlig, lignes indiquées dans sa figure par *aa* et qu'il regarde comme prouvant l'usage de l'os pour la locomotion bipède, je n'en ai pu trouver qu'une sur l'original; l'autre n'existe d'ailleurs non plus sur le fémur humain. La troisième (*b*) c'est la tubérosité glutéale, qui est également bien accentuée sur le fémur des Gibbons.

Il ne sera pas nécessaire, en montrant le moulage à côté de ces fémurs de Gibbons, d'insister sur ce fait que les condyles ne ressemblent aucunement à ceux du fémur humain ou du Pithecanthropus, et que leur forme est du même genre que chez Hylobates, et tout autre singe n'indiquant point la locomotion bipède.

Il y a donc de bonnes raisons pour voir dans le singe qui nous a laissé son fémur à Eppelsheim un proche parent des Gibbons. Mais comme un seul os ne suffit pas toujours pour déterminer une espèce ou même un genre, je préfère plutôt de séparer du genre Hylobates le singe fossile, dont parle M. Pohlig, et le nommer **Pliohylobates Eppelsheimensis**, pour indiquer en même temps, et sa parenté avec Hylobates, et sa provenance.

M. Dubois, en terminant sa communication, remercie M. le Président et l'Assemblée de l'occasion qui lui a été donnée d'exhiber, devant une réunion aussi attentive que compétente, les ossements paradoxaux

(1) *Sitzungsberichte der niederrhein. Gesellsch. für Natur.-und Heilkunde zu Bonn.*, 1892, p. 41-43.

du *Pithecanthropus* et il se met à la disposition des membres de la Société qui pourraient désirer des renseignements supplémentaires.

M. le *Président* remercie M. le Dr Dubois de sa communication et espère que l'auteur voudra bien en présenter un résumé pour nos publications ; il déclare la discussion ouverte.

M. *Van den Broeck* se permet d'attirer tout particulièrement l'attention de M. Dubois sur l'importance qu'il y aurait à mieux détailler encore et à préciser les *conditions de gisement*. C'est la base rationnelle appelée à donner sa pleine valeur à l'intéressante découverte de M. Dubois et aucun détail en cette matière ne saurait être superflu.

M. *Dubois* fournit l'exposé détaillé des conditions de gisement, dont la figure 1 ci-contre permet de se faire une idée synthétique.

Le gisement est situé dans la région moyenne de l'Ile de Java, dans un terrain ossifère composé de couches fluviatiles ayant une épaisseur totale de 350 mètres. Il se développe dans ces parages sous l'aspect d'une formation gréseuse, d'un gris jaunâtre ordinairement, mais bleuâtre lorsqu'elle est à l'abri de l'action de l'air, étant protégée par l'eau, comme sur le bord des rivières. Ce dépôt, d'aspect gréseux, est à proprement parler un tuf volcanique restratifié. (Voir fig. 1 B.)

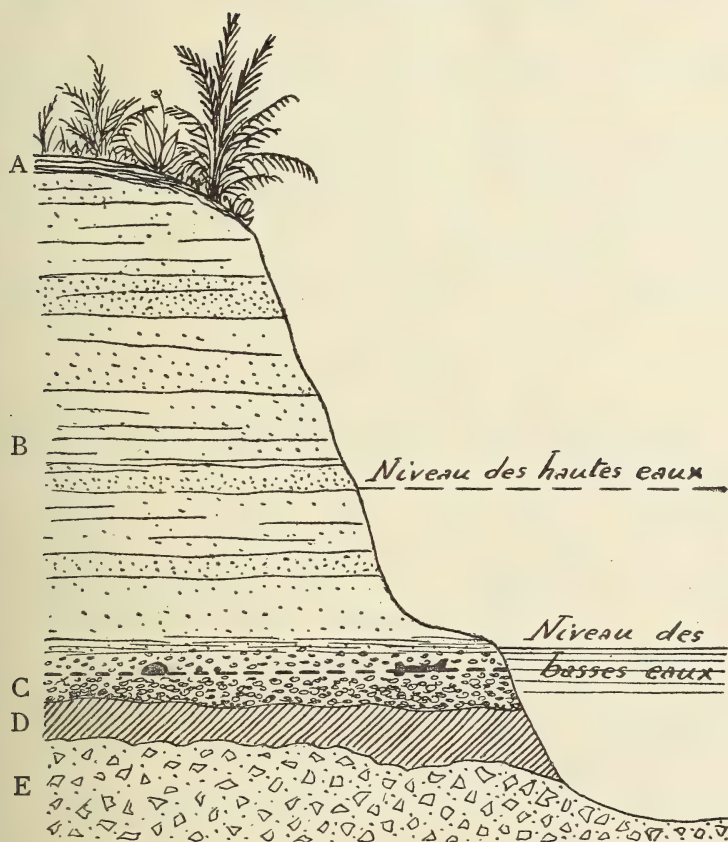
A Trinil, la plus grande rivière de Java, la Bengawan ou Solo, a creusé son lit dans les roches de cette formation, à 12 ou 15 mètres au-dessous du niveau général de la plaine. Les couches, dans cette coupe naturelle, se montrent légèrement inclinées : environ de 5° vers le Sud. On peut suivre l'affleurement de la formation le long d'une zone s'étendant de l'Est à l'Ouest, sur 100 kilomètres de longueur. On y trouve des coquilles fluviatiles des genres *Unio*, *Corbicula*, *Melania*, *Paludina* ; la structure des dépôts est également fluviale.

A Trinil, la base, qui est aussi la plus riche zone fossilifère de la formation (B) (voir fig. 1) est constituée, sur un mètre d'épaisseur, par une sorte de grès grossier formé de lapilli et reposant lui-même sur un niveau de petits cailloux (C), épais de 0m.50.

La base de cet ensemble sédimentaire est une sorte de limon durci (D), très foncé, presque noir, ayant l'aspect d'une argile limoneuse non stratifiée. Elle ne se délite ni ne se casse pas en lames, mais se brise en morceaux conchoïdes. La figure 1 doit être corrigée en ce sens que le contact entre C et D aurait dû être indiqué par une ligne *rectiligne et horizontale*.

On trouve près de Trinil ces couches *en discordance* sur une formation marine (fig. 1 E) appartenant, d'après Martin, au Pliocène inférieur, et composée de marnes, de calcaires et de brèches marines.

FIG. 1.

*Coupe des couches ossifères à Trinil.*

A. Terre végétale. — B. Tuf gréseux volcanique. — C. Couche de lapilli et de cailloux. — D. Limon durci. — E. Brèche marine.

C'est dans des fouilles opérées dans des roches bordant la rivière de Solo, à Trinil, petit hameau des environs de la ville de Ngawi, que M. Dubois a effectué les fouilles qui ont produit les ossements exhibés à l'assemblée. Il a fait creuser les roches jusqu'à treize mètres des parois primitives de l'escarpement. Les os ont été dégagés au ciseau de la roche dure après déblai et les fouilles ont été effectuées à Trinil pendant trois semestres avec l'aide de 50 ouvriers, et sous les auspices du Gouvernement des Indes néerlandaises.

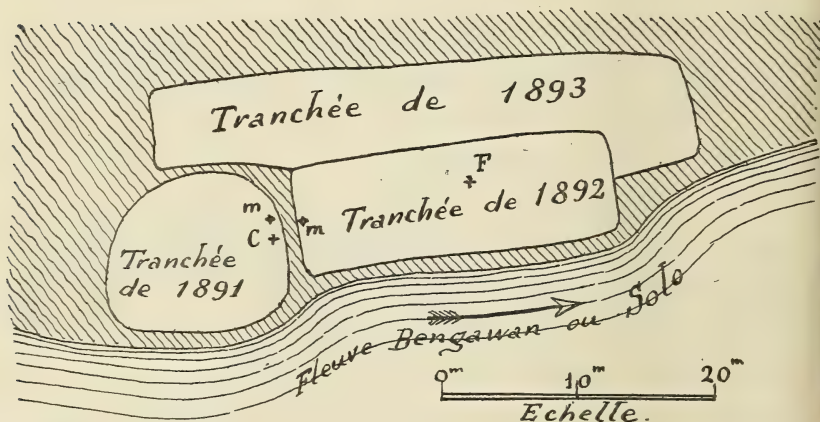
Les os n'ont pas l'apparence roulée : la formation est cependant

fluviale, ce qui est confirmé par les genres de mollusques cités plus haut.

Parmi les débris vertébrés de la même formation on peut citer le genre tertiaire *Stegodon*, puis *Bubalus*, *Boselaphus*, *Cervus*, *Hyaena*, *Felis*, etc., dont les ossements présentent la même couleur que les ossements exhibés et le même degré de minéralisation. Les os sont très lourds et le fémur exhibé ne pèse pas moins d'un kilogramme.

Après cet exposé, M. Dubois figure au tableau le plan des fouilles et de l'ensemble du gisement, document qui n'a pas encore été publié et que représente la figure ci-dessous, envoyée par M. Dubois, qui montre clairement les relations de position des ossements exhumés.

FIG. 2.



M. Lemonnier demande si la rivière présente des alluvions développées. M. Dubois répond qu'elle en a fourni très peu; le régime fluvial étant plutôt érodant qu'alluvionnant. Il y avait même des sections, dont une de douze kilomètres, où la roche était à nu.

M. Houzé remercie M. Dubois des détails qu'il a bien voulu donner sur les intéressantes reliques de Trinil. « Si je n'avais pas connaissance, dit-il, du travail publié par M. Dubois et de la discussion qu'il a soulevée, je n'oserais, à première vue, donner mon avis. Voici cependant, sous la réserve d'un examen ultérieur approfondi, l'opinion que les pièces originales me suggèrent.

Le fémur, par la forme de sa diaphyse et sa ligne âpre, s'éloigne du fémur des anthropoïdes, qui est plus cylindroïde; l'angle d'obliquité diaphysaire est franchement humain, ainsi que la longueur de 455 mil-

limètres. Quant à la saillie poplitée, elle est probablement en relation avec les excroissances sous-trochantériennes. Dans une série quelconque de fémurs ou d'autres parties du squelette, on ne trouve jamais deux os entièrement semblables. Je me rallie donc aux auteurs qui considèrent le fémur comme humain. »

M. *Dubois* dit, en réponse à M. *Houzé*, qu'il a insisté lui-même sur ces ressemblances du fémur avec un fémur humain, mais il faut remarquer que si un anthropoïde parvient à la station verticale, alors il est tout naturel que son fémur ne différera guère de celui du type humain, la forme dépendant de la fonction. On ne peut donc s'attendre à trouver de différences que dans le détail : il a un *caractère humain*, soit : mais cela ne veut pas dire que ce soit un *fémur humain*.

M. *Houzé* demande où sont les différences ?

M. *Dubois* montre les parties déjà décrites par lui et dit que le fémur, d'après les conditions de gisement, appartient au même être que le crâne. Nous verrons ce que celui-ci nous apprendra, car il y a aussi des raisons anatomiques à tenir en considération.

D'après la forme du crâne, l'être exhumé avait la position droite, car l'occiput est beaucoup plus incliné que dans les singes et se rapproche par ce dernier caractère de l'homme. Et ce caractère, chez l'homme, on le met en rapport avec la station verticale. Donc le fémur appartient bien au crâne, aussi d'après l'anatomie de ce dernier.

M. *Houzé* aborde la calotte crânienne, qui lui rappelle immédiatement un des crânes de Spy. La forme platydolichocéphale avec d'énormes arcades sourcilières, a des représentants en Europe et en Amérique. La surface du crâne présente des déformations, il y a une asymétrie manifeste. Par ses dimensions : longueur et largeur, la calotte de Trinil s'éloigne énormément des anthropoïdes ; par la saillie des arcades et la courbe sagittale, elle se rapproche nettement de la race de Canstadt et surtout de l'un des crânes de Spy.

M. *Dubois* fait remarquer qu'il faudrait alors convenir que ce serait un bien petit crâne pour un crâne humain normal et d'après sa forme il ne peut non plus être pathologique.

M. *Houzé* admet que c'est un petit crâne, mais il repousse tout à fait l'évaluation même approximative de la capacité crânienne ; déjà pour la calotte de Neanderthal, des auteurs ont donné des chiffres très différents de capacité ; cette diversité démontre que le calcul ne peut pas remplacer les parties absentes. Le crâne présenté par M. *Dubois* est d'un type très inférieur, mais pour M. *Houzé* il est humain ; si donc il était démontré qu'il a été trouvé dans une couche tertiaire, nous serions en présence d'un crâne humain tertiaire du même type que Canstadt, Néanderthal et Spy.

M. *Houzé* aborde ensuite l'examen des molaires; il ne se rappelle pas quelles sont les dimensions relevées par M. Fraipont sur les crânes de Spy, mais il est certain cependant que ces molaires sont fort grandes et se rapprochent de celles de Trinil.

M. *Dubois* fait remarquer que dans les dents molaires supérieures du type des singes anthropoïdes il y a quatre tubercules, disposés en forme de losange, comme chez l'homme, mais dont le postérieur extérieur est le plus rudimentaire, comme c'est ici le cas, et très accentué en particulier dans la seconde molaire. Chez l'homme c'est toujours le tubercule postérieur interne, qui a le moindre développement d'après les recherches de Zuckerkandl et de Mühlreiter. Les racines sont ici fort développées, ce qui constitue encore un caractère plutôt simiesque.

M. *Houzé* examine depuis vingt ans la denture de tous les malades qui entrent dans son service hospitalier et il a souvent rencontré des caractères simiens beaucoup plus prononcés que ceux que relève M. *Dubois* sur les dents de Trinil. Quant à l'écartement des racines, il est très accusé, mais il est impossible de se baser sur ce caractère pour dire qu'il ne s'agit pas d'une dent humaine.

M. *Dubois* répond : « Ces cas exceptionnels je ne les ai pas rencontrés, ni non plus trouvés cités par les spécialistes en matière anatomique dentaire. Aussi a-t-on toute probabilité en sa faveur en rejetant l'idée que ces dents seraient des dents humaines.

M. *Houzé* dit que les variétés que présentent les molaires chez l'homme sont si nombreuses qu'il faut se montrer réservé.

M. *Dubois* se déclare heureux d'avoir pu fournir les renseignements demandés, et surtout d'avoir pu satisfaire le désir qui lui a été exprimé d'éclairer la question — dont il reconnaît toute l'importance — du gisement géologique. (*Applaudissements.*)

Il est donné lecture de la note suivante :

SUR UN

CYBIUM NOUVEAU DU TERRAIN BRUXELLIEN

(**CYBIUM PROOSTI**)

PAR

R. Storms.

Il y a quelque temps M. A. Proost, Inspecteur général de l'Agriculture, découvrit dans une carrière de grès bruxellien des ossements de poisson remarquables par leurs grandes dimensions. Ces ossements, qui

me furent confiés fort obligeamment pour l'étude dont je me propose de donner ici les résultats, comprennent les éléments gauches des mâchoires d'un poisson, conservés dans leurs positions naturelles, plus une série de six vertèbres provenant évidemment du même individu.

Le poisson auquel ces restes ont appartenu doit se ranger parmi les *Scombridæ*, car les mâchoires et les vertèbres présentent un ensemble de caractères qui ne se rencontrent que chez les poissons de cette famille. Ces caractères sont :

1° Les prémaxillaires et les dentaires formaient seuls les bords de la cavité buccale ;

2° Les prémaxillaires en s'unissant l'un à l'autre formaient un rostre plus ou moins aigu ;

3° Le dentaire est de forme allongée ;

4° L'articulaire se prolonge en arrière en une espèce de pointe qui porte la facette creuse pour l'articulation du quadratum, et qui est placée fort bas ;

5° Les dents sont soudées aux mâchoires et elles ne forment qu'une rangée ;

6° Il n'y a pas de dents développées en canines ;

7° Enfin, les vertèbres sont courtes et elles portent de chaque côté deux fossettes profondes.

Si nous cherchons parmi les différents genres de Scombridés celui dont notre fossile se rapproche le plus, nous trouvons que c'est des *Cybiium* ou Tassards, à cause de ses dents qui sont : fortes, de forme lancéolée et tranchantes sur les bords.

Nous pouvons ajouter qu'une comparaison soigneuse avec les mâchoires des Tassards vivants, tels que *Cybiium caballo* et *Cybiium regale*, montre une grande conformité de caractères.

Cette détermination générique étant admise, il nous reste à rechercher si le *Cybiium* bruxellien doit se rapporter à l'une des espèces fossiles déjà connues, ou s'il appartient à une espèce nouvelle. Il résulte des recherches que j'ai faites dans ce but qu'il diffère par des caractères importants de toutes les espèces fossiles décrites et figurées. Je me contenterai de donner ici ceux de ces caractères qui le séparent de l'une de ces espèces, le *Cybiium Bleekeri*, avec laquelle on serait tenté de la classer, parce qu'elle provient du même terrain et qu'elle présente une certaine ressemblance dans la dentition. — Les caractères distinctifs sont :

a) Les éléments des mâchoires sont d'une forme beaucoup plus allongée et le rostre est plus aigu que chez le *Cybiium Bleekeri* ;

b) Les dents sont plus irrégulièrement espacées ;

c/ L'articulaire est bien plus court, comparé au dentaire et à l'intermaxillaire, car sa longueur est contenue $2 \frac{3}{5}$ de fois dans celle du dentaire, tandis que chez le *Cybiium Bleekeri* elle ne l'est que $1 \frac{7}{8}$ fois ;

d) Le dentaire est aussi bien plus étroit que chez *Cybiium Bleekeri* ;

e) La partie postérieure du bord alvéolaire du prémaxillaire et du dentaire est dépourvue de grandes dents sur un espace qu'on peut évaluer au cinquième de la longueur totale de ces os, où l'on ne voit que quelques fort petites dents : tandis que chez *Cybiium Bleekeri*, les dents s'étendent sur toute la longueur de ces os, en conservant à peu près la même dimension, si ce n'est que les dernières sont un peu plus petites ;

f) Enfin les dents sont plus larges et moins effilées.

Ces caractères ont d'autant plus d'importance que les mâchoires et les dents ne diffèrent pas autant chez plusieurs espèces distinctes de *Cybiium* vivants ; aussi je considère la création d'une espèce nouvelle pour le beau fossile découvert par M. Proost comme justifiée et je propose de l'appeler en son honneur *Cybiium Proosti*, sp. nov.

Les vertèbres trouvées avec les mâchoires se font remarquer par leur forme raccourcie et légèrement déprimée. Elles ne diffèrent pas essentiellement de celles des Tassards vivants avec lesquelles je les ai comparées.

Le nouveau *Cybiium* devait atteindre une taille considérable, car le mandibule mesure plus de 34 centimètres. Or, chez *Cybiium regale* vivant, la longueur de la mandibule est contenue $7 \frac{1}{2}$ fois dans la longueur totale du corps (à l'exclusion des rayons de la caudale), ce qui donnerait pour notre fossile, en supposant que les proportions étaient les mêmes que chez l'espèce vivante, une longueur d'au moins 2^m.55, probablement près du double de la taille du *Cybiium Bleekeri* du même terrain.

La présence dans la mer bruxellienne de deux espèces de poisson appartenant au même genre peu répandu ne doit pas nous étonner, car, non seulement cela arrive pour bien des genres dans les mers actuelles, mais c'est précisément le cas pour les Tassards dont trois espèces : le *Cybiium Commersonii* Lacép. ; *Cybiium lineolatum* Cuv. et Val., *Cybiium lineolatum* Blk., habitent de nos jours les mers des Indes.

La séance est levée à 10 h. 50.

SÉANCE D'APPLICATIONS GÉOLOGIQUES

DU 12 NOVEMBRE 1895

*Présidence de M. G. Jottrand, Président de la Section
d'applications géologiques.*

La séance est ouverte à 8 h. 40.

Communications annoncées.

M. E. Van den Broeck a la parole pour sa réfutation de la thèse présentée à la séance d'avril dernier par M. A. Flamache, au sujet du mode de formation souterraine des grottes et des cavités dans les terrains calcaires.

Le travail de M. Flamache ayant été inséré dans le recueil des *Mémoires*, il est décidé que la réponse de M. Van den Broeck lui fera suite dans le même recueil, d'autant plus que la dite réfutation est trop développée pour prendre place dans les Procès-verbaux des séances.

Elle peut se résumer comme suit :

M. E. VAN DEN BROECK. — Quelques observations relatives à l'étude de M. Flamache sur la formation des grottes et des vallées souterraines.

Dans son travail, divisé en deux parties, M. Flamache critique le principe de ce qu'il appelle la *théorie chimique* de M. E. Dupont sur l'origine des cavernes et cavités du calcaire, et la *théorie chimico-mécanique* de M. Van den Broeck. Il croit ses critiques inattaquables, ainsi que sa conclusion, qui est de laisser complètement de côté la *corrosion chimique* des eaux météoriques comme facteur de la formation souterraine des cavités et des cavernes du calcaire, pour les remplacer par le simple processus, exposé dans la seconde partie de son travail, d'une *érosion mécanique* résultant du mode de circulation et du mouvement de l'eau au sein des calcaires fissurés.

Pour arriver à ces conclusions, M. Flamache s'appuie successivement sur six ordres de faits qui d'après lui « montrent que l'action dissolvante de l'eau filtrante chargée d'acide carbonique, n'atteint pas les parties profondes des massifs calcaireux et qu'elle est saturée

de calcaire dès les premiers mètres de son parcours. Il croit cette action tout à fait superficielle comme champ d'action. Il relate ensuite les résultats d'une expérience de laboratoire qui, d'après lui, fournit la preuve du bien fondé de ses affirmations et il se base enfin sur certains traits et caractères de la morphologie des cavernes pour arriver à la démonstration complète, croit-il, du bien fondé de sa thèse.

Dans sa réponse, M. *Van den Broeck* fait d'abord remarquer que ni lui ni M. Dupont ne sont les *auteurs* des vues attribuant tantôt à l'action chimico-mécanique (ou par double jeu de corrosion et d'érosion simultanées ou concomitantes) tantôt à l'action chimique pure, la création et l'élargissement des cavités du calcaire, mais que ce sont là des notions synthétiques acquises dans l'état actuel de la science. Il passe ensuite successivement en revue, pour les rencontrer, les six ordres de faits énumérés par M. Flamache. Il montre que son contradicteur, loin d'embrasser la question d'une manière générale et synthétique, s'est borné à étudier l'action toute spéciale, par sa localisation, des eaux filtrantes *superficielles*. Il a complètement négligé l'action — ici primordiale — des eaux *d'engouffrement et de ruissellement*, qui pénètrent au sein des calcaires, y circulent en se subdivisant et en se transformant, dans leur descente, sans cesse ralentie, en *eaux d'infiltration et d'imprégnation souterraine*, restant parfaitement munies de leur *pouvoir dissolvant*.

Il montre que chaque fois que M. Flamache a cru, comme dans le cas des « limés blancs » de nos calcaires ou de la dolomitisation des calcaires magnésiens, avoir abordé l'action interne des eaux météoriques d'infiltration, auxquelles sont dues les cavités et grottes des calcaires, il s'est étrangement mépris, confondant en une série d'effets uniques des phénomènes d'âge et de portée géologique bien différents.

Passant au dispositif expérimental imaginé par M. Flamache, M. Van den Broeck montre qu'il ne correspond *en rien* aux conditions qu'offre la nature dans le cas de descente souterraine des eaux par la voie des fentes, failles et aiguilleux du calcaire et que par conséquent les résultats d'une telle expérience ne peuvent constituer un argument sérieux.

La disposition et les localisations des *poches phosphatées du calcaire crayeux de la Hesbaye* — qui ne sont autre chose qu'un résidu de dissolution chimique dû aux eaux d'infiltration — fournissent à M. Van den Broeck une série d'arguments en faveur de sa thèse et en contradiction avec les vues de M. Flamache.

Enfin la morphologie des cavernes et la proportion réelle d'argile rouge qu'elles contiennent, comme résidu de la dissolution du calcaire

enlevé, lui fournissent contre M. Flamache de bons arguments contradictoires, qui montrent que les déductions de son contradicteur, en ce qui constitue les caractères habituels des cavernes et la proportion de l'argile rouge de dissolution, ne correspondent nullement à la *réalité des faits*. Il montre, entre autres, par des documents précis, indiscutables, de graves erreurs dans lesquelles est tombé M. Flamache, dont les critiques contre l'importance de la corrosion chimique souterraine sont aussi peu fondées que sa thèse, qui consiste à vouloir la remplacer uniquement par l'érosion mécanique souterraine.

Amené à parler du mode de remplissage des cavernes à limons ossifères, M. Van den Broeck signale les travaux de MM. *M. Boule, Fraas, J. Fraipont, M. Lohest, F. Tihon*, dont il partage les vues et qui sont en opposition avec la thèse défendue par M. Dupont et par d'autres spécialistes, d'après lesquels on croyait pouvoir complètement assimiler les dépôts des cavernes aux sédiments fluviaux *extérieurs* et leur accorder une origine identique. Il semble que les observations précises faites dans ces dernières années ne justifient plus cette thèse, non plus d'ailleurs que celle défendue naguère par M. Dupont, d'après laquelle les dépôts des cavernes seraient systématiquement d'autant plus anciens que leur niveau est plus élevé au-dessus des cours d'eau actuels. M. Van den Broeck se propose de développer ultérieurement la partie, toute incidente, de sa communication qui a trait au mode de remplissage des cavernes et à l'âge de leurs limons ossifères.

A. RUTOT et E. VAN DEN BROECK. — **Lecture d'extraits des principaux traités de Géologie et d'Hydrologie, fournissant l'opinion des maîtres de la science sur la question de l'hydrologie des calcaires.**

L'ordre du jour comportait une lecture d'extraits et de traductions d'ouvrages dus à des auteurs d'un mérite incontesté et traitant de l'hydrologie des calcaires.

En faisant cette lecture, MM. *Rutot et Van den Broeck* ont eu pour objectif d'éclairer quelques-uns de leurs collègues, surtout ceux de la section d'hydrologie qui, n'étant pas précisément géologues, ont paru, lors des discussions auxquelles l'hydrologie des calcaires a donné lieu dans nos séances d'application, ne s'être pas rendu compte de certaines vérités, cependant incontestables.

C'est ainsi que plusieurs de nos confrères ne semblent guère vouloir admettre que la manière de voir, et de comprendre le rôle de l'eau souterraine dans les calcaires, de MM. Dupont, Rutot, Stainier et Van den Broeck par exemple (en faisant abstraction de certaines divergences

sur des points spéciaux) ne constituent nullement des *théories* qui leur sont personnelles.

Leurs vues, considérées dans leurs grandes lignes, ne sont que le reflet des connaissances et des progrès scientifiques en ce qui concerne cette matière. S'ils défendent — à des degrés différents comme intensité ou universalité de circonstances — le principe de la différenciation très accentuée des conditions de circulation, d'emmagasinement et aussi d'actions érosives (mécaniques) et surtout corrosives (chimiques) des eaux souterraines dans les calcaires d'avec ce qui se passe, à ces multiples points de vue, dans d'autres roches, et notamment dans les sédiments meubles et perméables, siège ordinaire des nappes aquifères typiques, c'est que c'est là une donnée acquise sur laquelle, dans le monde scientifique, on est généralement d'accord, par le fait d'observations générales et concordantes.

C'est afin de le prouver que MM. *Rutot* et *Van den Broeck* donnent lecture, à titre d'exemple, de quelques passages, auxquels les indications suivantes permettent de référer sans qu'il soit nécessaire de reproduire ici ces extraits.

A. DE LAPPARENT. — **Traité de Géologie**, 3^e édition, 1893.

Voir p. 194 les détails donnés sur l'infiltration dans les terrains fissurés; p. 195 le régime des sources dans les régions calcaires; p. 200 les détails fournis sur les rivières souterraines; p. 200-201 le mode de formation des grottes; (voir aussi les figures 42 et 43 de la page 203; p. 203-204 les détails donnés sur les gouffres et abîmes du calcaire.)

L'action chimique de l'eau pure et des eaux pluviales est traitée p. 309 et suivantes, et les altérations du calcaire sous cette influence sont décrites p. 314.

Le beau traité classique de M. de Lapparent est l'une des œuvres d'enseignement et de vulgarisation géologique les plus importantes et les plus estimées qui aient vu le jour dans ces dernières années, et certes personne ne songera à contester la parfaite compétence et la haute autorité de l'auteur.

E. A. MARTEL. — **Les Abîmes, les eaux souterraines, les cavernes, les sources, la spéléologie**, Paris, Ch. Delagrave, 1894, gr. in-4°, 580 pages.

Ce beau livre, si instructif, si captivant, dont l'auteur a bien voulu offrir, avec d'autres ouvrages, un exemplaire à la Société, est la synthèse d'une existence toute entière consacrée à l'étude des cavernes et des eaux souterraines en régions calcaires. Il constitue un répertoire de

faits positifs, bien observés, source précieuse de renseignements inédits sur ce qui se passe dans les profondeurs des massifs calcaires.

Le livre tout entier doit être lu, car chacun de ses 35 chapitres contient des enseignements nombreux.

Il est donné lecture des quelques passages sur lesquels MM. *Rutot* et *Van den Broeck* désirent particulièrement attirer l'attention des membres de la section d'hydrologie. Ces passages sont extraits, d'abord des pages, nombreuses, où il est question du *peu de sécurité* des sources calcaires : un frappant exemple de ce fait est fourni, p. 340, par les relations du gouffre de la Berrie, dans la vallée du Vert, avec la source de Graudenc.

Le chapitre XXX (pp. 522 à 535), consacré aux *eaux souterraines*, est à lire tout entier et à méditer, surtout dans ses passages (pp. 524-528) relatifs à la distinction, au point hydrologique, des terrains en diverses catégories et à la descente par infiltration, suintement et écoulement plus rapide, des eaux souterraines. Les pp. 531 à 535 fournissent d'intéressants détails sur la disposition et l'écoulement des eaux arrivées, en profondeur, à la fin de leur descente verticale ou oblique, dans les terrains dits de suintement.

Le chapitre XXX (pp. 536-548) est consacré aux *cavernes* en général. On y trouve (pp. 537-538) des données sur le rôle de l'érosion mécanique et de la corrosion chimique, montrant que l'auteur, sans méconnaître entièrement cette dernière action, s'est surtout attaché à mettre en lumière les phénomènes d'érosion mécanique, qui dans les régions calcaires, qu'il a spécialement étudiées, paraissent, en effet, plus généraux et aussi plus tangibles dans leurs effets, que dans les massifs de calcaires primaires de Belgique, d'Angleterre, d'Écosse et d'autres contrées à calcaires anciens. Peut-être pourrait-on lui reprocher d'avoir trop généralisé ce qu'il a vu et de n'avoir pas accordé à la corrosion chimique *la part prépondérante* qui, en règle générale, lui revient.

Dans le chapitre XXXII de son livre, pp. 549-555, consacré aux *sources*, M. Martel signale avec raison le danger de contamination que courent souvent les sources en terrains fissurés et il s'élève énergiquement contre l'habitude funeste qu'ont souvent les habitants des plateaux calcaires de jeter des immondices et des cadavres de bêtes mortes dans les fentes, cavités et ouvertures du calcaire, au fond desquelles ces causes de contamination peuvent arriver en contact avec des eaux courantes ou d'infiltration alimentant des sources.

En résumé, il est intéressant de constater qu'un auteur, que les nombreux cas d'érosion mécanique qu'il a pu constater ou interpréter comme tels dans les régions spécialement étudiées par lui, n'ont pas empêché

de reconnaître, dans une certaine mesure, l'importance du processus chimique, a obtenu comme résultat d'observations directes, en ses nombreuses campagnes et explorations souterraines, les mêmes vues sur la *circulation* et sur la *localisation* des *eaux souterraines en roches calcaires* que celles défendues par MM. Dupont, Rutot, Stainier, et Van den Broeck.

Il n'est pas douteux que lorsqu'il se sera, dans l'avenir, mieux rendu compte de l'importance primordiale du phénomène chimique comme *agent général d'ablation calcaire*, il se ralliera franchement aux vues actuellement admises à ce sujet par les géologues de tous pays.

J. GOSSELET. — **Leçons sur les nappes aquifères du Nord de la France.** (Voir *Annal. Soc. Géol. du Nord*, tome XIV, 1886-87, et *Bull. Soc. belge de Géologie*, tome II, 1885. — Trad. et Reprod.).

L'auteur y défend nettement (Voir *Bull. de la Soc. belge de Géol.* 1885. — Trad. et Reprod. p. 23) la thèse de l'*origine chimique* des cavernes du calcaire et signale la *circulation localisée* de l'eau dans les roches de cette catégorie.

Dans sa quatrième leçon (pp. 25-30) l'auteur montre les irrégularités de disposition des « nappes aquifères » dans les terrains anciens ou en couches inclinées et notamment dans les calcaires, où des niveaux d'imprégnation sont souvent en rapport direct avec *les allures des couches* et prennent par conséquent des dispositions *tout autres qu'en terrains meubles et perméables*.

DAUBRÉE. — **Les eaux souterraines à l'époque actuelle.** Paris, 1887, tome I.

Le chapitre V, consacré au rôle des cavernes et qui comporte plus de 80 pages, réclame tout entier une lecture attentive, qui ne peut être faite en séance. M. Van den Broeck se borne à lire quelques passages relatifs : (p. 299) à ce que dit l'auteur de l'*origine des cavernes* des massifs calcaires et dolomitiques et aux actions à la fois mécaniques et chimiques des eaux de la surface qui se sont introduites en profondeur; viennent ensuite (p. 304 et suivantes) des détails relatifs à l'influence des cavernes sur le régime des eaux, aux gouffres des calcaires, aux effondrements, aux rivières souterraines, aux pertes et aux réapparitions, ainsi qu'à l'origine des sources.

Les détails locaux fournis (p. 313) relativement à la Touvre; à certaines sources de l'Hérault (p. 314); aux calcaires de l'Isère et de la Drôme (p. 315); aux cavités souterraines traversées par des cours d'eau (p. 336-

342); les données rappelées au sujet des infiltrations souterraines de Blyberg, près Moresnet (p. 344); les travaux d'isolement nécessités par les aiguigéois de la Gueule (p. 345); et enfin de multiples données sur le régime de la circulation des eaux souterraines de l'Île d'Æsel (Baltique), du Calcaire carbonifère en Angleterre et en Irlande, et des calcaires d'Espagne, d'Italie, de Moravie, de Bosnie, de Croatie, de Grèce, de Crimée, d'Algérie, de Syrie et des États-Unis (pp. 350-367) montrent l'*absolue universalité* des phénomènes de *circulation* et de *localisation* des eaux souterraines dans les roches calcaires.

Qui, après avoir pris connaissance de ces données, si positives, si concordantes, oserait encore soutenir que, du moins dans la partie descendante et courante de leur parcours souterrain, les eaux souterraines des *calcaires* puissent être assimilées aux eaux et aux nappes d'imprégnation générale des *dépôts meubles et perméables*.

Une pareille assimilation ne devient admissible, fait remarquer M. Van den Broeck, que dans les bas niveaux des massifs calcaires situés en dessous des thalwegs des vallées et sous les niveaux de *sources*. Celles-ci sont plutôt en rapport, dans les massifs calcaires, avec les eaux supérieures du régime *circulatoire localisé* qu'avec celles inférieures — quand elles existent — du régime *statique sous-jacent*. Bien entendu, le trop plein de ce niveau statique inférieur peut cependant alimenter des sources dans le fond des vallées.

CREDNER. — **Traité de Géologie et de Paléontologie**, édition française, Paris, 1897, 2^e édition.

La lecture de ce manuel montre que les notions exposées par les auteurs français ne diffèrent en rien des idées admises par les savants d'autres pays, et le traité classique de Credner — dont les déclarations de MM. Delesse, Dewalque, Lory et Gosselet, insérées dans la préface de l'édition française, sont un garant de sa haute valeur — fournit, dans les brèves pages qu'il consacre (pp. 175-197) à l'eau comme agent géologique, à l'action chimique de l'eau, et au *processus hydro-chimique* par dissolution, hydratation, oxydation, réduction et carbonisation, une remarquable synthèse, résumée p. 193, des multiples actions de l'eau d'infiltration.

C'est la justification complète, absolue, de cet énoncé fourni au début de son chapitre sur l'action des eaux et qui dit (p. 175) : « On se croyait obligé d'admettre des forces extraordinaires, des phénomènes tout particuliers : l'on fut bien étonné lorsqu'on reconnut enfin dans la *goutte d'eau* qui pénètre partout, l'élément dont l'activité tranquille mais ininterrompue, était la cause principale de la configuration actuelle de la surface du sol. »

L'auteur allemand fournit enfin (pp. 202-204) en ce qui concerne la formation des *cavités dans les roches calcaires* des détails suffisamment précis pour ne laisser aucun doute au sujet de l'importance du *processus chimique*; ce qui ne l'empêche nullement de traiter également (pp. 204-218), avec toute l'extension que le sujet comporte, l'activité mécanique des eaux courantes. L'action mécanique des eaux souterraines lui paraît sans doute un facteur si peu général et si peu important qu'il n'y fait aucune allusion dans son livre.

H. WOODWARD. — **Géologie de l'Angleterre et du Pays de Galles**, Londres, 1887.

En terminant la lecture des extraits que M. Rutot et lui ont soumis à l'assemblée, M. Van den Broeck — qui désire montrer que partout où existent des calcaires les mêmes phénomènes ont été constatés, quel que soit le pays en vue — traduit comme suit quelques passages caractéristiques du beau traité de M. H. Woodward :

(p. 532.) Souvent en atteignant une formation calcaire, telle que le Calcaire carbonifère, après avoir passé au-dessus d'un affleurement de schistes inférieurs, les rivières suivent le substratum schisteux et disparaissent sous le calcaire dans des abîmes ou bétoures.

De bons exemples de ces disparitions en aigueuois se trouvent à Downhead Mill, à Priddy et à Chatterhouse près Blackdown, sur les collines de Mendip.

(p. 540.) Dans la plupart des calcaires il se forme des cavernes soit dans l'intérieur des terres, soit sur le littoral. Beaucoup, sans aucun doute, sont dues à l'élargissement de fissures le long des plans de stratification, des diaclases et des failles; elles consistent en une succession de chambres à divers niveaux. Elles doivent leur origine à l'*action chimique* de l'eau acidule atmosphérique aidée par la désintégration mécanique du calcaire, par la gelée et par d'autres agents *météoriques*. A cet égard elles diffèrent des grottes ou caves des falaises littorales, que l'on trouve dans différentes espèces de roches, tant calcaires que siliceuses et qui sont principalement formées par *usure et ablation mécaniques*. Les matériaux provenant des cavernes intérieures sont, pour la plus grande partie, enlevés par des cours d'eau souterrains, sous forme d'éléments en suspension et en dissolution.

Des parties du matériel sont souvent redéposées sous forme d'accumulations stalagmitiques ou stalactitiques, dans les vases, limons (limons des cavernes) ou de cailloux et de détritits anguleux (brèches).

(p. 541.) Les Cavernes sont particulièrement abondantes dans les calcaires carbonifères et devoniens; mais elles se rencontrent aussi

dans quelques calcaires d'âge oolithique et également dans les calcaires magnésiens.

(p. 604.) Dans les régions calcaires, spécialement du Calcaire carbonifère du Derbyshire, de Glamorganshire et du Somersetshire, le pouvoir de l'eau pluviale contenant de l'acide carbonique s'affirme très grand en dissolvant la roche et en formant des cavernes, et il a été démontré, par PHILIPS (*Geol. Mag.*, 1864, p. 230) et DAWKINS (*Idem*, 1865, p. 81), que plusieurs vallées et ravins de ces régions peuvent avoir une telle origine.

Dans plusieurs cas, ces vallées profondes ont été formées en partie par la dissolution de la roche et par des courants, aidés par l'action mécanique de la gelée. Les vallées dites Dove Dale, Dondale, les Winnats, près Castletown et Gordale en sont des exemples, bien connus dans les régions calcaires.

(p. 685.) « La surface du Calcaire carbonifère est souvent corrodée en cavités curieuses et de formes fantastiques. Ces conditions s'observent dans des situations où le calcaire est exposé, c'est-à-dire peu ou point protégé.

La grande majorité de ces trous et de ces cavités irrégulières, de ces surfaces alvéolées des calcaires sont, sans aucun doute, dues aux érosions et corrosions chimiques et mécaniques de l'atmosphère, car dans bien des cas les fossiles se montrent en relief sur la surface des cavités; toutefois, arguant de la présence d'*Helix nemoralis* et d'autres coquilles terrestres dans de telles cavités, on a attribué la formation de certaines de ces érosions à l'action des Mollusques... » L'auteur réclame toutefois des preuves en faveur de cette affirmation.

M. Van den Broeck fait remarquer que la mise en relief des fossiles dans les surfaces corrodées de nos roches calcaires de Belgique constitue un fait très général et des plus significatifs au point de vue de la preuve qu'il apporte du bien fondé de la thèse d'une *corrosion chimique* aidée par les influences purement atmosphériques (gelée, etc).

De telles surfaces, avec fossiles en relief, s'observent parfois également dans nos grottes et cavités souterraines du calcaire et elles y constituent un argument absolument défavorable à la thèse des processus d'ablation mécanique des eaux courantes.

MM. Van den Broeck et Rutot regrettent, vu l'heure avancée, de ne pouvoir étendre davantage la lecture de tels extraits, mais ils comptent, s'il est nécessaire, de reprendre cette tâche ultérieurement.

MM. Verstraeten et Flamache présentent sommairement quelques observations, dont l'exposé est réservé, pour le même motif que ci-dessus, à plus tard et la séance est levée à 10 h. 50.

SÉANCE MENSUELLE DU 26 NOVEMBRE 1895

Présidence de M. L. Dollo.

La séance est ouverte à 8 h. 45.

M. X. Stainier fait excuser son absence.

Correspondance.

M. *Arctowski* fait parvenir une note sur un problème d'intérêt géologique relatif à l'étude orogénique des parages du Cap Horn et donne quelques détails sur l'exploration belge projetée dans les régions antarctiques.

Il demande en même temps à faire partie de la Société en qualité de membre effectif.

M. le *Ministre de l'Intérieur* fait savoir qu'il n'a pas été possible à son Département d'accorder à la Société le subside extraordinaire qu'elle lui a demandé pour la publication, coûteuse, de travaux descriptifs, notamment pour celui de M. Bécлар. La bienveillance ministérielle nous vaudra toutefois, comme par le passé, la continuation du subside annuel de mille francs alloué à la Société.

M. le *Secrétaire* fait remarquer, à cette occasion, que ce subside spécial avait été demandé surtout parce que les travaux de paléontologie tels que ceux publiés dans notre Recueil par MM. Bécлар, Dollo, Rutot, Storms, etc., étant basés sur les matériaux du Musée de Bruxelles et appartenant par conséquent à l'État, donnent à ces documents, qui deviennent ainsi des types scientifiques appelés à devenir classiques, une plus value qui résulte *du fait de ces descriptions et illustrations*, dont profitent ainsi très avantageusement les collections de l'État. Il semble donc juste qu'il intervienne pour une certaine part dans la dépense, chaque fois — comme c'est le cas avec le Mémoire de M. Bécлар — que cette dépense dépasse considérablement la moyenne des fonds dont la Société peut disposer envers un auteur. Ce cas, qui s'est également présenté pour les beaux travaux descriptifs de M. L. Dollo, n'a pu être résolu naguère par la possibilité de publication que grâce à la généreuse intervention d'un de nos collègues, dont le désir d'anonymat se trouve peut-être contrarié par la réputation que lui a depuis longtemps faite en Belgique son bienveillant Mécénat scientifique.

La Société a pensé qu'il serait indiscret de frapper à diverses reprises aux mêmes portes : c'est pourquoi une demande, largement justifiée en l'espèce, a été faite à l'État, *bénéficiaire direct* d'une grande partie des travaux descriptifs qui s'impriment dans notre Recueil. On ne peut que regretter la décision gouvernementale, qui risque, ou de compromettre l'état des finances de la Société, ou de nous empêcher, au grand dam de la science, de continuer de trop coûteuses publications.

La *Société imp. des Naturalistes de Moscou* annonce l'envoi de ses publications : *Bulletins et Mémoires*, en série incomplète, mais à partir de 1829.

Le *Service géologique d'Autriche* annonce l'envoi de ses publications : *Jahrbuch et Verhandlungen*, à partir de 1887.

Dons et envois reçus.

De la part des auteurs :

- 2099 **Issel (A.)**. *La Rupe oscillante e le Voragini di Cefalonia*. Extr. in-8°, 18 pages, Roma 1895.
- 2100 **Johnston-Lavis (H.)**. *Sulla inclusione di quarzo nelle lave di Stromboli ecc.* Extr. grand in-8°, 12 pages, 1 pl. Roma 1894.
- 2101 **Johnston-Lavis et Franco**. *Formation of Fluorides, etc.* Extr. in-8°, 6 pages.
- 2102 **Polis (J.)**. *Zur Klimatologie Aachens*. 1 vol. in-4°, 13 pages et 28 tableaux, Aachen 1890.
- 2103 — *Das Klima von Marienbad*. 1 vol. in-8°, 24 pages et 1 tableau, Aachen 1895.
- 2104 — *Die Kälterückfälle im Mai. — Uebersicht der Witterung des Monats September 1895*. 4 extraits d'une page.
- 2105 **Rosenbusch (H.)**. *Mikroskopische Physiographie der Mineralien und der Gesteine* Band, II. 1 vol. in-8°, Stuttgart 1895.
- 2106 **Verstraeten (Th.)**. *Examen hydrologique des bassins du Hoyoux et du Bocq*. Extr. in-8°, 31 pages, Gand 1895.

Périodiques nouveaux :

- 2107 *Société des Sciences naturelles de Saône-et-Loire et Chalon s/Saône*. Bulletin, 21^e année, 1895, n^{os} 1, 2, 3.
- 2108 *The Danish Biological Station*. Copenhague. Fiskeri-Beretning for Finantsaaret, 1891-92, 1892-93, 1893-94. Report vol. III, 1892, IV, 1893.
- 2109 *Museum of Comparative Zoology*. Cambridge, Mass. U. S. A. Bulletin, vol. XXVII, n^o 5.

- 2110 *American Chemical Journal*, John Hopkins University Baltimore, vol. 17, n° 9.
- 2111 *Königl. Gesellsch. der Wissensch. zu Göttingen. Mathemat.-physik. Klasse. Nachrichten* 1894, n°s 1 à 4; 1895 n°s 1, 2. *Geschäftliche Mittheilungen. Nachrichten* 1894, Heft. 1; 1895, Heft. 1.

Communications des membres.

1° M. Éd. Bernays a envoyé la note ci-dessous :

UNE

COQUILLE NOUVELLE POUR LES SABLES A « ISOCARDIA COR » D'ANVERS

PAR

Édouard Bernays.

CAPULUS FALLAX

(WOOD, pl. XVII, f. 4, a-b, p. 157, 1847.)

Testa suborbiculata, depressa, laevigata, tenuissima et fragili; vertice obliquissime ad dextram revoluta, spiraliter intorto, margine postico impendente, basi dilatata, subovata.

Coquille lisse, sauf quelques replis accusant ses développements progressifs : ainsi que le dit Wood, la caractéristique de cette espèce est une véritable arête dorsale, fortement incurvée à droite à sa naissance, et plus légèrement infléchie vers cette même direction à la base de la coquille, qu'elle parcourt donc en affectant la forme d'un croissant, et en la divisant en deux parties inégales. La coquille est ainsi fortement carénée, la partie à droite de l'arête est plus étendue que celle de gauche. Le sommet de l'arête fait saillie d'environ 1 1/2 millimètre sur le bord antérieur de la coquille, qu'il rejoint en s'enroulant sur lui-même, vers la droite.

L'intérieur est absolument lisse, sans trace aucune d'impression musculaire.

Je crois pouvoir assimiler cette coquille avec certitude au *Capulus fallax* de S. Wood (cf. p. 157, 1884, Crag Moil., pl. XVII, fig. 4, a-b).

Gisement : sables à *Isocardia cor* (il n'y a sous ce rapport aucun doute possible), Anvers : écluse en construction, près du bassin Lefèvre.

Je n'ai trouvé qu'un exemplaire jusqu'ici : il est absolument intact.

Diamètre de l'ouverture : 12 millimètres.

2° Il est donné lecture de la note suivante, adressée à la Société par M. H. Arctowski :

QUELQUES REMARQUES

sur l'intérêt qu'offre pour la géologie

L'EXPLORATION DES RÉGIONS ANTARCTIQUES

PAR

H. Arctowski.

Sous la direction et par l'initiative de M. l'officier de marine A. de Gerlache, s'organise actuellement en Belgique, une expédition scientifique, dans les régions polaires australes.

Je ne puis m'étendre ici sur les buts principaux que poursuivra cette expédition, ni sur l'itinéraire que compte suivre M. de Gerlache ; je ne vais pas, non plus, vous parler de tout l'intérêt que peut offrir, pour la Paléontologie, la découverte de terrains fossilifères dans les parages du pôle sud, — ni de l'intérêt que peut offrir, pour la Géographie physique, l'étude du relief de ces terres, découvertes vers 1847 par Ross, d'Urville, Wilkes et d'autres ; — non, je désire simplement attirer votre attention sur un remarquable problème de géologie qui se pose tout naturellement et qui, sans aucun doute, pourra être résolu sous peu.

On peut se demander ce que devient la Cordillère des Andes à son extrémité sud ? Il est effectivement remarquable de voir cette chaîne immense se recourber, à partir du 50° parallèle, suivant un arc de cercle, puis s'avancer bien loin dans l'Océan et se perdre enfin, avec les falaises de l'île des États.

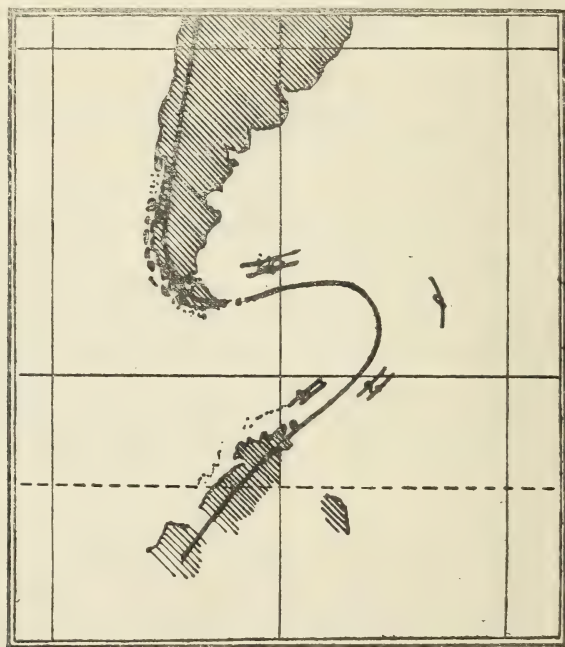
On est tout naturellement porté à présumer, que cet axe de plissement, qui forme la charpente de l'Amérique, doit se poursuivre sous le niveau de la mer, bien au delà de la Terre de Feu. Je crois même que l'on peut, sans trop de témérité, formuler l'hypothèse : que les Terres de Graham se rattachent à la Patagonie par une chaîne sous-marine, qui forme un grand arc de cercle entre le cap Horn et les îles Schetland, et que la chaîne tertiaire des Andes réapparaît de nouveau dans les Terres de Graham.

Cette hypothèse, pour être vérifiée ou contredite, demande une étude géologique et géographique des Terres de Graham, et ensuite, une

carte bathymétrique, aussi parfaite que faire se peut, de la région représentée par la carte ci-contre.

Pourtant, je désire encore montrer que l'hypothèse que je viens de formuler n'est pas sans fondement.

Et tout d'abord, il résulte des sondages déjà exécutés dans ces régions, qu'au Sud du cap Horn on trouve des profondeurs de 4000 mètres et au delà, tandis qu'à l'Est de la Terre de Feu se trouve une plate-forme sous-marine, qui sert de soubassement aux îles Falkland, à l'île Georgia, et qui se recourbe vers le Sud.



Il serait donc des plus intéressant de connaître, exactement, le relief de cette plate-forme, sur sa bordure Ouest, et de savoir si elle se rattache aux Terres de Graham, comme cela est indiqué hypothétiquement sur la figure ci-contre.

Mais, d'un autre côté, cette supposition trouve également un point d'appui dans les considérations théoriques de Lowthian Green. De fait, il faut l'admettre : l'écorce terrestre n'a cessé de s'écraser, par suite de la contraction lente de la masse fluide interne, — une surface unie n'a pu persister, — et les rides se sont accumulées suivant des directions déterminées. Il y a de ces plissements anciens, et d'autres, relativement

récents, — mais, ces nouvelles chaînes sont pour ainsi dire adossées aux vestiges des anciennes. De la sorte, les masses continentales se sont localisées, avec les temps géologiques, en des régions déterminées de la surface du globe. Or, il se fait que ces régions correspondent justement aux sommets et aux arêtes d'un tétraèdre imaginaire ; pourvu que le 4^e sommet, qui occupe le pôle antarctique, soit également représenté par une masse continentale, — continent que l'on présume exister, mais dont on ne connaît encore que fort peu de chose. Par suite, si nous admettons ces considérations, nous devons également admettre que l'arête du tétraèdre, qui nous est représentée par l'Amérique du Sud, doit se rattacher directement au 4^e sommet.

On pourrait se demander pourquoi les deux autres arêtes ne s'avancent pas aussi loin vers le Sud que la chaîne des Andes?... C'est là une question qui devient compréhensible si l'on songe à ce fait, que l'ossature du tétraèdre terrestre n'a pu se développer que par saccades, à la faveur de la formation de nouvelles chaînes de montagnes. Les Andes forment une chaîne relativement très récente, — c'est ce qui fait que l'arête américaine se trouve dans un état de développement plus avancé que les deux autres.

Ces quelques remarques démontrent, je crois, que le problème géologique qui se pose est éminemment philosophique.

3^e E. VAN DEN BROECK. — **Les Mistpoeffers, ou détonations mystérieuses de la Mer du Nord et les Barisal Guns du Delta du Gange. — Appel aux observateurs.** (Première note.)

M. E. Van den Broeck résume sous ce titre une étude qu'il vient de commencer pour la revue météorologique belge *Ciel et Terre*, étude qui a trait à un phénomène encore inexpliqué de la physique du globe. Ce phénomène semble avoir certaines relations avec des manifestations internes, ou tout au moins de météorologie endogène, dont le sol terrestre pourrait être le siège. C'est à ce titre que M. Van den Broeck croit pouvoir en entretenir la Société, où il espère également que l'appel qu'il adresse dans *Ciel et Terre* aux observateurs sera entendu et amènera quelques données nouvelles pour la solution de l'énigmatique problème qu'il a en vue. Il compte revenir prochainement sur cette question, pour l'élucidation de laquelle M. Van den Broeck reçoit chaque jour de nouveaux renseignements confirmatifs.

Après avoir donné lecture de quelques extraits des épreuves du premier article qui doit paraître dans le numéro du 1^{er} décembre prochain de *Ciel et Terre*, M. Van den Broeck fait appel aux souve-

nirs et à la coopération de ceux de ses collègues qui auraient également noté ce phénomène des détonations mystérieuses, analogues à des détonations lointaines d'artillerie de fort calibre, que l'on entend fréquemment, en été surtout, dans nos régions maritimes et dans les plaines de la Basse Belgique.

Le travail de M. Van den Broeck paraîtra comme annexe à la séance, lorsqu'il sera complété par les données ultérieures qu'il compte être bientôt en état d'ajouter à son exposé de ce jour.

4° M. *Stainier* a envoyé la communication suivante :

Un dépôt d'argile plastique d'Andenne

A LAROCHE (ARDENNE)

PAR

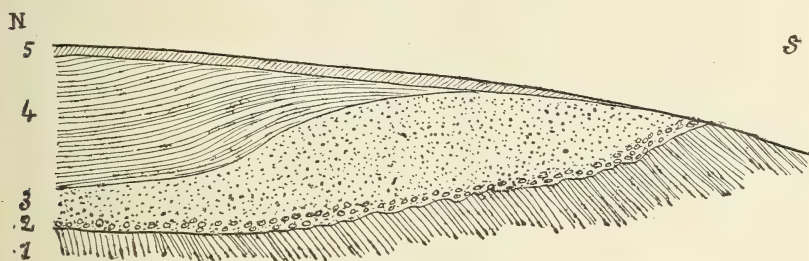
X. Stainier

Docteur en sciences naturelles.

Au fur et à mesure que les levés détaillés s'étendent dans notre pays on découvre des faits nouveaux, surtout dans les régions peu accessibles et peu explorées. C'est ainsi qu'en procédant au levé de la planchette de Laroche, je n'ai pas été peu surpris de découvrir, au sommet d'un des plateaux élevés qui dominent la ville de Laroche, un gisement tout à fait typique d'argile plastique d'Andenne, situé par conséquent loin de tous les dépôts du même âge actuellement connus.

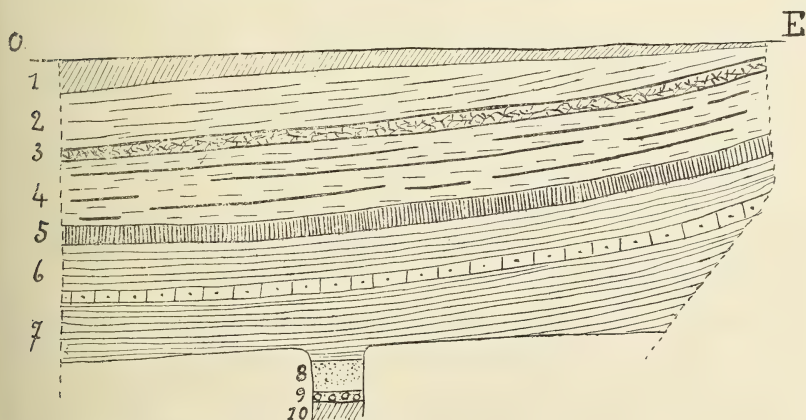
Ce gisement se trouve sur un plateau appelé « le Pâfi » dont l'extrémité S.-E. en pente douce, est occupée par le hameau de Villez, commune de Laroche. Lorsque l'on prend le chemin qui de ce hameau monte au sommet du plateau, et qu'on arrive sur la hauteur, on rencontre immédiatement de nombreux cailloux blancs, puis bientôt on voit s'ouvrir à droite du chemin une vaste excavation en pleine exploitation. Il est étrange que son existence n'ait pas encore été signalée, d'autant plus que, située à proximité d'une ville très fréquentée, elle est, au dire de l'exploitant, ouverte depuis plus de quarante ans et que ses produits alimentent une fabrique de poteries à Laroche et sont même actuellement exportés.

Les deux coupes suivantes montrent la disposition des dépôts que l'on peut observer dans l'excavation.



1. Quartzophyllades (Hundsrückien inférieur) incl. S.-O. = 30°; dir. E.-40° S.
2. Gravier et cailloutis parfois meuble mais le plus souvent cimenté en un poudingue très dur, par de la limonite siliceuse pailletée. Les cailloux ont des dimensions très diverses; le plus souvent ils ont le volume d'une noisette, mais ils peuvent atteindre jusque 0^m.30 de diamètre. Ils sont toujours bien arrondis.
3. Sable à grain extrêmement fin, très doux au toucher, micacé, de couleur généralement blanc grisâtre ou jaunâtre, parfois rosé. Le sable est un peu argileux et le devient de plus en plus en montant.
4. Argile plastique, que nous décrivons en détail dans la coupe suivante.
5. Sol végétal remanié.

La seconde coupe est prise perpendiculairement à la précédente.



1. Sol végétal remanié.
2. Argile jaune brunâtre impure.
3. Couche argilo-sableuse de 0^m.20 renfermant de nombreux fragments d'un minéral pesant rouge brun (limonite ou sidérose) sableux anguleux.
4. Argile jaune et brune avec linéoles de couleurs variées. On y trouve de petites concrétions mamelonnées ferrugineuses.
5. Couche d'argile plastique brune.

6. Argile plastique noire grisâtre, séparée de la suivante par une couche de 0^m.30 d'argile blanchâtre.
7. Couche d'argile plastique noire ou grisâtre, visible sur 2 mètres à 2^m.50. Elle est absolument comparable, comme aspect extérieur et propriétés physiques, à l'argile plastique noire des environs d'Andenne. C'est cette couche qui est exploitée. On y trouve en grande abondance de petits fragments de lignite noir ressemblant à du fusain. J'y ai recueilli en outre de véritables fragments de bois ou de branches de 0^m.06 de large sur 0^m.20 de longueur, aplatis, à section ellipsoïdale et dont l'écorce montrait encore parfaitement sa structure organique. On m'a même assuré que les ouvriers y avaient trouvé un tronc assez volumineux avec branches. Ces gros débris ont la couleur brun foncé du lignite.
8. Sable comme celui de la coupe précédente.
9. Cailloutis de base.
10. Phyllade hundsrückien.

Comme on le voit, le gisement de Laroche se présente absolument dans les mêmes conditions que ceux d'Andenne, et comme dans ces derniers, on a constaté aussi que les amas d'argile affectent des formes lenticulaires et constituent en quelque sorte des amas au milieu des sables.

Le gisement de Laroche semble remplir un bassin creusé dans les phyllades hundsrückiens, car partout la roche primaire affleure autour de ce massif tertiaire, qui paraît avoir une forme grossièrement circulaire et environ 250 mètres de diamètre. Ce massif est à environ 320 à 340 mètres au-dessus du niveau de la mer, tandis que le fond de la vallée de l'Ourthe voisine est à l'altitude de 225 mètres. La presque île rocheuse sur laquelle se trouve notre dépôt tertiaire porte à son sommet un plateau très étroit limité au Sud et à l'Est par l'Ourthe et à l'Ouest par le ruisseau des Pierreux. Ce plateau domine les vallées environnantes de 100 à 125 mètres. Comme on le voit donc, l'orographie de la région a dû subir de profondes modifications depuis l'époque où se sont déposés les sables et les argiles aujourd'hui exploités.

La grande analogie qui existe entre les dépôts d'Andenne et ceux de Laroche, tant au point de vue du mode de gisement qu'à celui de la nature minéralogique des sédiments, montre que ces dépôts sont probablement contemporains. Il est très regrettable que les végétaux que j'ai recueillis ne soient pas susceptibles d'une exacte détermination ; sans cela on aurait pu les comparer à ceux que M. Lohest a recueillis aux environs d'Andenne et qui ont été déterminés par M. Gilkinet. Nous aurions eu là un criterium de synchronisme plus certain. Un fait frappant à citer, c'est l'étroite ressemblance qui existe entre le dépôt de Laroche et certaines formations oligocènes des environs de Namur, au

point de vue du cailloutis ou poudingue de base. Sur le plateau entre Namur, Malonne et Wépion, les sables oligocènes reposent sur les roches primaires par l'intermédiaire d'un cailloutis presque toujours transformé en un poudingue par un ciment siliceux et limoniteux et ressemblant complètement à la roche de la base du dépôt de Laroche. Cette formation poudingiforme pouvait très bien s'observer dans les tranchées du fort St-Héribert; et, sur tout le plateau aux alentours, il existe d'innombrables fragments de ce poudingue mis à nu et démantelé par l'érosion quaternaire. J'ajouterai aussi que, à part la présence de cailloux de silex, ce poudingue ressemble aussi aux gisements que j'ai eu l'occasion de voir d'une roche quaternaire que M. Delvaux a signalée aux sommets des collines du Sud des Flandres et qu'il a appelée « poudingue de Renaix ».

Une étroite ressemblance existe aussi entre ce dépôt ardennais et l'importante formation connue en Allemagne sous le nom de lignites du Rhin et sur laquelle on est d'accord pour lui attribuer l'âge oligocène supérieur. Ainsi, j'ai eu jadis l'occasion d'examiner, en compagnie de mon regretté ami L. Piedbœuf, un gisement près de la gare de Vohwinkel, entre Dusseldorf et Elberfeld, et où l'on retrouvait toutes les roches du dépôt ardennais. Au-dessus des sables fossilifères oligocènes de Gerresheim, non loin de là, nous avons aussi retrouvé des blocs d'un poudingue ferrugineux identique à celui dont j'ai parlé plus haut. Les géologues allemands admettent que ces blocs, remaniés à l'époque quaternaire, proviennent de la base des sables et lignites du Rhin.

Le dépôt de Laroche reste jusque maintenant isolé. Au Nord et à l'Ouest il faut aller jusque sur les bandes calcaires du Condroz pour retrouver des gisements semblables. Au Sud et à l'Est je n'ai rien trouvé de semblable sur les planchettes que j'ai levées et il faut probablement aller jusqu'aux massifs tertiaires que M. Dormal a signalés sur le revers méridional de l'Ardenne.

5° X. STAINIER. — **Matériaux pour la Faune du Houiller de Belgique (quatrième note).**

M. *Stainier* dépose, sous ce titre, un manuscrit qui complète ses travaux antérieurs sur le même sujet. Dans cette quatrième partie de son étude, il aborde d'abord le bassin houiller de Charleroi et il passe en revue successivement les niveaux fossilifères fournis par le charbonnage de Forte-Taille, à Montigny-le-Tilleul; par les charbonnages de Jemeppe-sur-Sambre, de la Réunion à Mont-sur-Marchienne; de Monceau-Fontaine; d'Ormont, à Châtelet; du Bonhier, à Châtelet; d'Oignies-Aiseau.

S'adressant au bassin houiller de Liège, l'auteur passe en revue les récoltes paléontologiques fournies par les charbonnages de Lahaye, du Val-Benoit, de la Chartreuse et Violette; d'Espérance et Bonne-Fortune, à Montegnée, et de Herve-Wergifosse.

Dans les résultats paléontologiques fournis par ces divers charbonnages des deux bassins il comprend ceux relatifs à la paléontologie végétale, qui ont été obtenus grâce aux recherches du R. P. G. Schmitz.

L'assemblée, après audition du résumé du travail, en décide l'impresion aux *Mémoires*.

La séance est levée à 10 h. 3/4.

ANNEXE

AU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DU 26 NOVEMBRE 1895

LES MISTPOEFFERS

OU DÉTONATIONS MYSTÉRIEUSES DE LA MER DU NORD
et des régions terrestres et maritimes circonvoisines

ET LES

BARISAL GUNS, DU DELTA DU GANGE

PAR

E. Van den Broeck (1)

La revue *Ciel et Terre* a bien voulu donner l'hospitalité à une série d'articles que j'ai commencé à adresser à ce recueil météorologique sous le titre : *Un phénomène mystérieux de la physique du globe* et pour lesquels j'ai amassé dans ces derniers temps d'intéressants matériaux.

Il s'agit d'un phénomène acoustique, dont les manifestations sont encore fort obscures dans leurs caractères, par suite de leur similitude

(1) Communication faite à la séance du 26 novembre 1895, dans laquelle l'auteur a donné lecture d'extraits en épreuves, d'un article destiné à paraître en décembre 1895 dans *Ciel et Terre* et devant être suivi de communications complémentaires à publier dans cette revue météorologique. L'auteur a été autorisé à adjoindre à sa communication, faite à la Société, des extraits ou résumés de son article du 1^{er} décembre de *Ciel et Terre* et à publier sa communication dans les Procès-Verbaux de 1895 en annexe à la séance du 26 novembre.

soit avec des bruits naturels, comme le tonnerre éloigné, soit avec des bruits artificiels, comme les détonations de l'artillerie de gros calibre. Nombreuses paraissent être les personnes ayant, principalement dans nos régions maritimes, mais aussi dans l'intérieur des terres, entendu ces bruits particuliers; mais comme — malgré des doutes bien souvent accentués de la part de certains observateurs — l'assimilation à l'une ou à l'autre des causes précitées s'offrait inconsciemment en réponse à l'interrogation que chacun s'était faite, on ne paraît guère s'être préoccupé jusqu'ici de la question de savoir s'il n'existe pas réellement autre chose.

Mes travaux en province pour le levé de la Carte géologique, occupations qui, depuis 1880, m'ont amené pendant deux périodes surtout (de 1880 à 1885 et de 1891 à 1895) à séjourner à la campagne, m'ont fait souvent, en été principalement, constater le phénomène.

Dès ma première année d'exploration géologique dans la partie orientale de la basse Belgique, je fus, à diverses reprises, pendant l'été surtout, frappé par l'audition de lointaines détonations brèves et sans roulement, un peu sourdes, qui eussent pu être souterraines aussi bien qu'aériennes, et qui me donnèrent une impression toute particulière de « non entendu ».

Les premières fois, je ne m'en occupai guère et je n'eus aucun motif pour les noter. Je me dis que j'avais eu affaire à l'écho affaibli d'un orage éloigné; d'autres fois, vu l'aspect serein du ciel et l'état normal du temps, je crus plutôt avoir affaire à l'écho lointain d'exercices d'artillerie. Bientôt cependant, la persistance du phénomène, qui coïncidait souvent, sinon toujours, avec des journées de chaleur et de beau temps et ne rappelait nullement les roulements du tonnerre, me fit écarter l'idée d'un orage éloigné comme agent de ces détonations. Celles-ci paraissaient aussi anormales et inexplicables aux hommes d'équipe qui m'accompagnaient qu'à moi-même, car, vu la distance considérable qui généralement nous séparait des localités où se font les exercices réguliers du tir au canon, la perception de détonations d'artillerie était absolument invraisemblable. Il n'y avait, au surplus, dans la région que j'explorais, ni mines, ni carrières, attendu que toute cette contrée est, sur des étendues immenses, constituée uniquement par des plaines et par des collines de sable et d'argile. Étaient-ce des explosions accidentelles, dues à des causes industrielles? Non pas; les journaux en eussent parlé et d'ailleurs les détonations entendues de temps à autre pendant la saison des levés n'étaient pas isolées, mais se suivaient par groupes de quelques-unes, se succédant irrégulièrement à peu de minutes d'intervalles. Il y avait là décidément un mystère!

Me souvenant alors du livre et des conseils de Houzeau (1) et particulièrement de son chapitre *des bruits mystérieux de la nature*, je me décidai à apporter plus d'attention à l'observation du phénomène.

J'avoue que le palpitant intérêt des problèmes géologiques que je cherchais à élucider sur le terrain m'empêcha bien souvent de le noter avec le soin et la précision qu'il méritait, mais j'avais commencé, dès 1881 déjà, à en parler parfois dans le groupe de mes relations scientifiques. Pour beaucoup, j'avais été l'objet d'une illusion en attribuant à ces bruits une origine objective, extra-humaine. Coups de canon, explosions industrielles lointaines, ou bien encore échos d'orages éloignés : telles étaient les origines prosaïques que, généralement, l'on attribuait à ces détonations. Quelques-uns, bien rares, avaient cependant aussi entendu de pareils bruits, sans s'en expliquer d'une manière satisfaisante l'origine. J'en parlai à mon collègue et ami M. Rutot, occupé comme moi, depuis 1880, à des levés géologiques dans diverses parties de la moyenne et de la basse Belgique : à ma grande satisfaction, M. Rutot m'apprit que, de son côté, il avait fait les mêmes remarques et avait passé par les mêmes phases et incertitudes préalables d'opinion ; au bord de la mer, ajouta-t-il, le phénomène lui avait paru encore plus fréquent qu'à l'intérieur des terres basses. Persuadé alors de la possibilité d'attribuer à mes observations une valeur scientifique, j'en parlai, vers la fin de 1881 ou en 1892, je crois, à M. Lancaster, l'actif météorologiste inspecteur de notre Observatoire. M. Lancaster accueillit avec intérêt ma communication et m'engagea à poursuivre avec soin l'étude commencée, dont les bases n'avaient pas jusqu'alors attiré son attention et que ses lectures et ses recherches bibliographiques ne lui avaient pas encore signalées. Il en parla à J.-C. Houzeau, qui, paraît-il, connaissait l'existence du phénomène, bien qu'il n'en ait pas parlé ouvertement dans le livre précité. Le savant astronome avait eu, sans doute, connaissance sur notre littoral probablement, de faits de ce genre, puisqu'il répondit à M. Lancaster que ce phénomène, qu'il considérait comme d'ordre atmosphérique, l'intriguait vivement. Il y voyait une rupture d'équilibre de couches atmosphériques en relation avec des variations de température.

C'est vers 1890 ou 1891 également que, de divers côtés, me vint, en réponse à une première enquête, l'annonce que ces bruits mystérieux étaient bien connus le long de la côte par nos populations maritimes et par nos marins, qui distinguent parfaitement ces détonations

(1) *L'étude de la Nature, ses charmes et ses dangers*, par A. HOUZEAU. Bruxelles, 1876.

de celles de l'artillerie et leur donnent le nom de *mistpoeffers* (explosions de brouillards). Certes, quelques indifférents ou observateurs moins sagaces, croyant à une méprise, à une confusion avec le bruit ou l'écho lointain d'orages ou avec les détonations du canon (des grands ports d'Angleterre, par exemple), essayèrent de me dissuader, lors de mes premières demandes de renseignements, de l'idée d'un phénomène naturel ; mais il restait bien avéré que de nombreux habitants de la côte et des marins avaient la notion très nette de l'existence propre d'un tel phénomène.

L'on me permettra de fournir ici quelques extraits textuels de l'exposé des faits que j'ai signalés dans *Ciel et Terre*, texte qui a paru récemment dans cette revue et dont les épreuves ont été préalablement lues à la Société, en sa séance du 26 novembre 1895.

Si mes recherches géologiques et mes excursions m'avaient fait parcourir le sol de la Belgique industrielle, tel, par exemple, que le territoire des provinces de Hainaut, de Namur et de Liège, il est fort probable que le phénomène étudié ici m'aurait complètement échappé. L'incessant bourdonnement des villes et des agglomérations industrielles, le bruit hétérogène et strident des trains, des signaux et appels de toute nature qui s'échappe continuellement de nos fourmilières humaines, les explosions, coups de mines de nos carrières et charbonnages : tout cela s'enchevêtre et se fond en dissonances variées et multiples dans la symphonie continue du *travail*, dont l'obsédant *la* est fourni par le fracas du formidable outillage de l'industrie moderne.

Le dimanche même n'offre point à l'oreille la bienheureuse oasis de silence tant désirée. Dans le Borinage, par exemple, et même dans les provinces de Namur et de Liège, où tout est prétexte à fêtes et à réjouissances bruyantes, ce ne sont pas seulement les cérémonies du mariage, mais les moindres concours et réunions de sociétés qui sont des occasions de faire parler la poudre et de nous assourdir de ces bordées de « camps » dont la détonation rappelle celle du canon et s'entend au loin.

Qu'importent les voix apaisantes de la nature — les bruits mystérieux dont parlait si éloquemment Houzeau — dans ces dévorantes fournaies de nos grandes villes, où la soif d'avoir remplace si brutalement la soif de savoir !

Heureusement, mes travaux m'ayant conduit, comme il a été dit plus haut, dans les régions calmes et essentiellement agricoles de la moyenne et de la basse Belgique, je m'y trouvai dans d'excellentes conditions pour percevoir tout bruit, quelque faible qu'il fût, ne faisant

pas partie du concert ordinaire, si apaisant, des champs et de la forêt.

Dans ces parages, séjour de tranquille sérénité, chaque bruit qui s'élève prend, par son isolement même, une valeur toute particulière, se remarque et se commente.

A part les bruits familiers de la ferme et des exploitations agricoles, on n'entend, surtout à quelque distance des villages et des habitations rustiques, que les seules voix de la nature. A de rares intervalles, et non partout encore, ce silence relatif n'est déchiré que par le sifflement strident des locomotives et par le grondement caractéristique des trains en marche, annonçant de loin leur arrivée dans la campagne attentive et sonore. Parfois aussi, les cahotements lentement rythmés d'un pesant chariot, s'amenant lentement sur une route pavée, persistent, longuement répercutés, et montrent combien des sons inaperçus ailleurs prennent, dans les champs solitaires, une valeur spéciale et renforcée.

Il est tel site de nos plaines sableuses du nord, notamment en Campine, où, dans les ardeurs d'une chaude journée d'août, j'ai entendu les voix de la nature se borner à la monotone stridulation du grillon, au pétilllement de quelque folle graminée et de temps à autre à l'éclatement subit de quelque caillou de silex surchauffé.

Il est aisé de comprendre que mes aides sondeurs et moi, nous nous trouvions souvent dans d'excellentes conditions pour percevoir nettement tout son étranger aux bruits dont nos oreilles étaient habituellement bercées.

Chaque fois donc — et les occasions en furent assez nombreuses depuis 1880 — que des séries de détonations sourdes et sans roulement se firent entendre, sans nous donner l'impression certaine du tonnerre ou du canon, nos sens en éveil nous en firent commenter l'effet et rechercher l'origine.

Ce qu'il peut être intéressant de signaler, c'est que, à plusieurs reprises, de réelles détonations de coups de canon furent entendues par mes aides et par moi, et, sans trop d'hésitation dans certains cas, sans aucune dans d'autres, nous fûmes unanimement d'accord pour y reconnaître positivement le bruit éloigné du canon. Peu après, d'ailleurs, j'avais l'occasion d'apprendre qu'en effet des manœuvres ou exercices d'artillerie avaient eu lieu en des localités pas trop éloignées de mes points d'observation. Dans quelques cas, constituant une minime exception, il y eut des interprétations douteuses et restées non éclaircies.

Il me serait difficile d'affirmer si l'impression produite sur l'organisme est celle d'un bruit *aérien* ou bien celle d'un bruit *souterrain*, et

comme il s'agit d'ailleurs de détonations sourdes et étouffées, la distinction me paraît assez subtile et requiert l'aide de microphones ou de séismoscopes.

Je me demande si ce n'est pas ce curieux assourdissement de la détonation qui-lui fait si nettement attribuer, par MM. Rutot et Vincent, ainsi qu'il résulte de leurs observations personnelles, le caractère, plutôt, de bruit souterrain.

Pour mes aides et un peu moins positivement pour moi, l'*impression* est assez généralement celle d'une détonation aérienne, mais d'un caractère spécial et énigmatique.

Cette *impression*, d'ailleurs, — l'acoustique nous en montre de fréquents exemples, — peut être un leurre. Aussi le bruit, tout en *paraissant* aérien ou ambiant, pourrait-il parfaitement être souterrain.

Une autre légère divergence entre M. Rutot, d'une part, et M. Vincent et moi, d'autre part, consiste en ce que M. Rutot n'a jamais perçu de direction bien définie pour la région d'origine du phénomène, tandis que mes aides et moi, d'une part, et M. Vincent, de son côté, nous éprouvions la sensation non seulement d'une direction, mais encore, parfois, de *variations* successives dans les directions de perception.

Ici encore, n'est-ce pas à l'absence générale de reliefs sensibles du sol dans la Flandre et à la présence, au contraire, de collines dans les régions parcourues par M. Vincent et par moi, qu'il faut attribuer cette dualité d'impression acoustique, où les variations du relief joueraient le rôle d'écrans qui tantôt étoufferaient, tantôt réfléchiraient puis renforceraient le son ambiant?

Je devrai sans doute attendre, pour tirer quelque déduction d'ensemble de mes observations personnelles, que j'aie pu trouver le temps de compulser méthodiquement les trois douzaines de carnets qui renferment, depuis 1880, mes annotations géologiques sur le terrain.

Malheureusement, la proportion entre ce que j'ai entendu et ce que j'ai noté est *bien minime*, vu que d'autres questions scientifiques me préoccupaient généralement pendant mon séjour à la campagne.

Actuellement, je dois me borner à déclarer que ces détonations ont été entendues par mes aides et par moi principalement dans le Limbourg, dans le Brabant oriental (Hesbaye), dans le Hageland et dans la Campine anversoise.

Il est intéressant de noter que certaines localités où je les ai observées sont fort éloignées à la fois du littoral et des champs d'épreuves ou d'exercice d'artillerie.

La région du nord de Saint-Trond, par exemple, où je les ai encore remarquées le 27 septembre dernier, est à 160 kilomètres d'Ostende et à 70 kilomètres du camp de Brasschaet. Il en est à peu près de même des plateaux situés entre Bruxelles et Louvain et entre Louvain et Tirlemont, où assez fréquemment ces détonations ont été constatées avec leur intensité ordinaire, intensité peu variable d'ailleurs, quel que soit le point d'observation.

C'est surtout pendant les journées chaudes, calmes et ensoleillées de l'été que le phénomène est le plus fréquent, et c'est principalement pendant la matinée, entre 10 heures et demie et midi passé, que j'ai observé les détonations; elles se font généralement entendre par séries de coups peu nombreux, tantôt de deux ou trois, tantôt de trois à cinq.

J'en ai aussi entendu l'après-midi, mais d'une manière moins courante; ce qui diffère un peu des observations faites dans la Flandre et sur le littoral par divers observateurs.

Pendant mes années de levé géologique (1880 à 1885 et 1891 à 1895), le nombre de jours d'excursion put varier de 80 à 100 (maximum) pour la première et de 70 à 90 pour la seconde. Certes, absorbé très généralement par des problèmes scientifiques d'ordre bien différent, j'ai dû laisser *fréquemment* passer le phénomène sans en être frappé et l'on comprend d'ailleurs qu'il faille des circonstances favorables pour qu'il fixe l'attention. Toutefois, je crois pouvoir dire qu'à peu près *chaque année*, j'ai nettement constaté le phénomène; dans certaines années, de *six à dix fois au moins*; dans d'autres, de trois à cinq fois bien certainement. Je n'oserais affirmer l'avoir nettement *remarqué* plus de dix à douze fois au cours d'une même année, mais je le crois en réalité *bien plus fréquent*. C'est aussi l'opinion formelle de MM. Rutot et Mourlon.

Pendant le courant de l'année 1895, deux excursions de la *Société belge de Géologie* ont été favorisées par le concert de ces mystérieuses détonations, qu'un bon nombre de nos collègues ont entendues avec intérêt et curiosité.

Une première fois, ce fut pendant l'excursion — à laquelle assistaient une vingtaine de personnes — faite les 2 et 3 juin dernier, sur la portion du littoral belge comprise entre Ostende, Blankenberghe et Heyst. La seconde, ce fut le 21 août, pendant l'excursion de Sangatte à Wissant, dans le Boulonnais, où le phénomène eut au moins une quinzaine d'auditeurs.

A l'excursion du 3 juin, les bruits furent entendus pendant longtemps et avec une grande intensité, d'abord le matin, entre Ostende

et Mariakerke, puis vers le milieu de la journée, alors que les excursionnistes suivaient la plage, à marée basse, aux environs immédiats de Blankenberghe vers Heyst.

M. le professeur A. Renard, de l'Université de Gand, qui faisait partie du groupe des excursionnistes, se montra très frappé du phénomène, qu'il ne connaissait pas, et voulut bien me promettre son concours en vue d'en étudier les relations éventuelles avec des causes internes. L'installation de microphones et de séismoscopes rendrait, en effet, *les plus grands services* à cette étude si intéressante, mais les installations de ce genre sont malheureusement coûteuses, peu accessibles aux simples particuliers et elles réclament, avec le concours pécuniaire des pouvoirs publics, celui des Universités ou d'autres établissements scientifiques.

Pendant l'excursion du mois d'août, dans le Boulonnais, quelques excursionnistes prétendirent que les détonations entendues ne pouvaient être attribuées qu'au canon des ports français et anglais de la Manche. Mais c'est là une simple affirmation, que n'admettent point, comme explication générale, MM. P. Hallez, P. Billet et P. Pelseener, qui connaissent fort bien le phénomène naturel dans le Boulonnais et dans le Nord et le distinguent des bruits du canon.

Lors des deux observations ci-dessus rappelées, la température était élevée, l'air calme et le ciel serein.

La dernière fois que j'ai observé les détonations mystérieuses cette année, c'est le 27 septembre, au hameau de Boterberg, près Nieuwerkerken, c'est-à-dire à 5 kilomètres au N.-N.-E. de Saint-Trond. C'était à l'altitude de 47, par un jour de grande chaleur et sous un ciel absolument serein (comme il l'a d'ailleurs été pendant toute la seconde quinzaine de septembre, influencée par un anticyclone persistant). Le baromètre marquait 766, et il y eut entre 11 heures et 11 heures et demie, quatre ou cinq détonations nettement constatées.

En attendant que j'aie pu rechercher et mettre en ordre mes observations antérieures ou du moins celles trop rares dont j'ai tenu note, je céderai dans *Ciel et Terre* la parole aux collaborateurs et correspondants qui ont bien voulu me fournir des renseignements complémentaires.

En recherchant si de pareilles observations n'avaient pas déjà été faites ailleurs qu'en nos régions, j'ai trouvé un certain nombre de faits intéressants que j'ai exposés en détail dans *Ciel et Terre*.

Parmi les sons mystérieux qui ont déjà attiré l'attention des observateurs, on peut citer en première ligne ceux remarqués lors de trem-

blements de terre et qui parfois se font entendre avant ou après ce phénomène, et qui même ont été perçus sans sensation de secousse terrestre, en certaines régions peu éloignées cependant de celles où le sol avait tremblé.

Alex. de Humboldt en parle dans son *Cosmos* (voir édition de Bohn, vol. 1, p. 203-204). Plus tard, Boussingault, dans une note communiquée à l'Académie des sciences de Paris, et intitulée : *Sur les détonations constatées pendant les tremblements de terre* (Comptes Rendus, t. 93, p. 105-106), à propos d'un tremblement de terre survenu en 1827 à la Vega di Supia, dit qu'après ce tremblement de terre (qui dura six minutes) on entendit au S.-E. des bruits instantanés, sans roulements. Le ciel, ajoute-t-il, était d'une grande pureté. Chronomètre en main, l'observateur reconnut que l'intervalle entre chaque commotion était à peu près de 30 secondes et il compta dix détonations dont l'intensité approchait de celle d'un coup de canon de 24.

« Le 9 décembre de la même année 1827, continue-t-il, à la Vega di Supia, à 8 h. 30 m. du soir, on entendit au Sud une détonation. *Il n'y avait pas eu de tremblement de terre*; l'aiguille de la boussole de déclinaison de Gambey était immobile. »

De semblables observations remontent même au siècle dernier.

Dans son livre : *Les régions invisibles du globe et des espaces célestes*, publié à Paris en 1888, M. A. Daubrée, faisant remarquer, page 121, qu'il est des bruits souterrains qui ne sont pas accompagnés de secousses, rappelle les *bramidos*, ou bruits souterrains, détonations et roulements effrayants, qui se sont succédé à Guanaxuato; au Mexique, en 1784, pendant plus d'un mois, et qui ont cessé ensuite graduellement. Il ajoute que des bruits résonnent dans la haute région des Andes du Chili, et également sans qu'on y ressente le moindre mouvement du sol.

Enfin l'auteur signale le nombre extraordinaire de détonations qui accompagnèrent, à l'île de Méléda, près de Raguse, en Dalmatie, une longue série de secousses : « Les secousses, souvent accompagnées de détonations, commencèrent en mars 1822 et se continuèrent, avec de très courts intervalles, jusqu'en septembre; puis elles reprirent en mars 1823, avec les mêmes bruits pendant les mois d'août et de septembre de cette même année. » D'un autre côté, *des détonations très nombreuses, quelquefois plus de cent en un jour, se produisirent aussi sans secousses*. Ces deux effets, bien que n'étant pas toujours simultanés, dérivèrent évidemment d'une cause unique, d'un même travail souterrain. En 1824, les détonations reparurent encore à Méléda pendant sept jours, entre le 14 octobre et le 15 novembre, et une dernière fois le 18 février 1826. »

Comme document historique se rapportant à des régions plus voisines de nous, on peut citer l'observation suivante, notée dans les mémoires de A. Perrey (1) et extraite de la *Gazette de France* du 19 décembre 1783 :

» Le 9 décembre de cette année, à 4 heures du matin, à Cambrai (Nord), on entendit un grand bruit pareil à celui de plusieurs coups de canon tirés promptement, mais successivement; un quart d'heure après, pareil bruit, mais moins fort; on a cru à un tremblement de terre, puisqu'il y a eu secousse. »

Dans ce cas-ci, les détonations paraissent avoir été en rapport avec de minimes secousses terrestres.

Les tremblements de terre constatés *en Belgique*, que les relevés de M. Lancaster montrent s'élever à plus d'une centaine (2), ont parfois été précédés ou accompagnés de bruits souterrains, mais ceux-ci se présentaient plutôt sous la forme de mugissements, de bruits sourds, de roulements de chariot, etc., que sous la forme de détonations proprement dites. Certaines observations, toutefois, sont suggestives. Ainsi, le 18 février 1756, Liège ressentit, après une première secousse à 8 heures du matin, une seconde à 9 heures. « Les ouvriers employés aux mines les plus profondes (900 pieds) aux environs de la ville, entendirent, avant l'ébranlement, *un bruit sourd au-dessus de leurs têtes*, tandis que ceux qui étaient sur le sol entendirent un bruit du même genre au-dessous de leurs pieds et coururent à la cloche d'alarme (3). »

Les travaux statistiques d'Alex. Perrey, publiés principalement dans les *Mémoires* et dans les *Bulletins* de l'Académie royale de Belgique, dans les *Mémoires* de l'Académie de Dijon, dans les *Annales* de la Société d'agriculture de Lyon, fournissent une mine précieuse de renseignements, utilisables pour la présente étude, en ce sens qu'ils montrent nettement que parmi les bruits très divers que l'on entend lors des tremblements de terre, il en est très souvent qui affectent les caractères de détonations rappelant celles de pièces d'artillerie.

De 1850 à 1854, M. Mallet a publié, dans les *Reports* de l'Association britannique pour l'avancement des sciences, une série de catalo-

(1) A. PERREY, *Mémoire sur les tremblements de terre ressentis en France, en Belgique et en Hollande* depuis le IV^e siècle de l'ère chrétienne jusqu'à nos jours (1843 inclusiv.). — Mém. cour. et mém. des sav. étrang. de l'Acad. royale de Belgique, t. XVIII, 1845.

(2) A. LANCASTER, *Les Tremblements de terre en Belgique* (Ciel et Terre, 8^e année, p. 25).

(3) A. PERREY, *Loc. cit.*

gues détaillés des tremblements de terre relevés depuis 1784 jusqu'en 1842, dans lesquels on trouve des indications relativement aux sons entendus.

Le prof. Milne a publié dans le volume XII des *Transactions* de la Société sismologique du Japon (p. 53-62) un article intitulé : « *Note on the Sound Phenomena of Earthquakes* », dans lequel il fait remarquer que, généralement, le son précède le choc dans les tremblements de terre, et il émet l'opinion que lorsque le son suit le choc, il doit être considéré comme un phénomène indépendant de celui-ci.

Il me reste encore à signaler une très intéressante note — où nous puiserons ultérieurement d'utiles données sur les bruits souterrains connexes avec les tremblements de terre — publiée en 1892 par le prof. Ch. Davison, et intitulée : *On Earthquake-Sounds* (1). Il y est incidemment parlé des « Barisal Guns », dont il sera question plus loin.

Après avoir conclu de ses observations que « les bruits souterrains varient de nature dans leurs relations avec la secousse au travers de la région soumise au phénomène et que l'*extension de l'aire affectée par les bruits souterrains est indépendante de celle de l'aire soumise aux secousses*, » l'auteur montre encore, par de nombreux exemples, que « les bruits souterrains *qui ne sont pas accompagnés de secousses* caractérisent spécialement les régions où l'on ne ressent que de *légères secousses*. »

Il ajoute que ceci paraît indiquer que les *bruits* et les *chocs* ne sont que les manifestations, différant seulement en intensité et par la méthode de perception sur notre organisme, d'une *seule et même classe de phénomènes*. C'est à ce sujet que M. Davison, faisant allusion aux bruits constatés dans l'Inde, ajoute en note (p. 213) : « Il se peut aussi que le phénomène connu sous le nom de « Barisal Guns », bruit ressemblant à la détonation lointaine d'un gros canon et que l'on entend en divers points du delta du Gange et du Brahmapoutre, ainsi que dans les collines s'étendant au nord (*Brit. Assoc. Report*, 1891), soit également d'*origine sismique*. »

Le moment est venu de parler avec détails de ces fameux « Barisal Guns, » si intimement liés au phénomène que nous avons en vue. Alors qu'en Europe quelques observations vagues et éparses, souvent difficiles à définir dans leurs relations réelles avec ce phénomène, se trouvent consignées çà et là, nous trouvons, à partir de 1867, en Asie, dans le golfe du Bengale, la notion positive d'un phénomène précis,

(1) *Geological Magazine*, décade III, vol IX, n° 325, p. 208; may, 1892.

qui paraît être absolument le même que celui de nos détonations mystérieuses. Voici ce que nous apprennent à son sujet les procès-verbaux de la Société asiatique du Bengale, à Calcutta.

Les « Barisal Guns » du delta du Gange, au Bengale.

Lors de la séance de mai 1867 de la Société, le Bábu (titre indigène) *Gaurdás Bysack* donna lecture de son mémoire sur l'antiquité de Bagerhat, village situé à 30 milles au N.-E. de Khulneah, dans le Jessore. A la fin de ce mémoire, l'auteur fournit une courte description d'un curieux phénomène physique, consistant en *séries de sons rappelant les détonations éloignées du canon*, et que l'on entend à Bagerhat et tout le long des bouches du delta du Gange, dans le Backergunge. Après les orages et pendant les temps calmes, les sons deviennent plus bruyants. Certains observateurs supposent que c'est le résultat du ressac se brisant avec force sur une plage basse, mais le « Bábu » pense que le phénomène est dû à quelque cause souterraine.

Le mémoire résumé ci-dessus fut publié dans la première partie du volume XXXVI du *Journal* de la Société asiatique du Bengale (1867).

L'auteur y expose que les détonations mystérieuses s'entendent à Bagerhat pendant toute l'année, mais principalement quand l'air est calme et le ciel clair.

Il signale que ces bruits sont également très intenses et bien connus à Barisal. Il rapporte des particularités que lui a transmises M. Pellew, directeur du Survey, à Barisal, et combat les raisons énumérées par celui-ci en faveur d'une cause essentiellement due au ressac le long des côtes.

L'auteur indigène termine en disant qu'il est probable que ces détonations sont provoquées *par quelque agent souterrain ou volcanique*, dont la nature nous est encore inconnue. C'est, en tout cas, un phénomène *bien digne, conclut-il, de l'attention des hommes de science*.

Dans le numéro d'août 1870 des *Proceedings* de la Société asiatique du Bengale, M. James Rainey, de Khulna, près Jessore (soit à 60 kilomètres environ au Nord et au milieu de la ligne joignant Calcutta à Barisal), signale (p. 243), dans la visible ignorance des faits déjà constatés, les détonations mystérieuses semblables à celles de gros canons, entendues par lui à Jessore et à Backergunge, près de Barisal. Il cite un article du journal local *Englishman*, qui attire l'attention sur le phénomène.

Le président, M. J.-B. Phear, fait remarquer (p. 244) que ce sujet a déjà été traité ; il croit pouvoir attribuer le phénomène au ressac et

fait observer que dans le Devonshire et dans le Cornouailles, contre les falaises septentrionales desquelles les vagues mugissantes de l'Atlantique se jettent avec fureur, le tonnerre des chocs s'entend à des distances considérables.

MM. Westland (p. 224 et 247), Dall (p. 245), Blanford (p. 246 et 247) et Mitra (p. 249 et 250) prennent successivement la parole sur le même sujet, et le président, M. Phaer, termine la discussion en donnant quelques détails intéressants sur la portée du bruit des canons. Nous y reviendrons plus tard. Il étudie ensuite le mécanisme du phénomène produisant le bruit du ressac et rappelle, entre autres, que Tyndall, dans ses *Lectures sur le son*, dit (p. 55) que le bruit de la vague qui se brise est principalement dû à l'explosion des vésicules d'air qu'elle contient.

Dans le procès-verbal de la séance de novembre 1876 de la Société, nous trouvons encore (p. 289) une lettre de M. H. Pellew sur les « Barisal Guns », qu'il est disposé à rattacher à l'action des vagues déferlant sur la côte, et (p. 291) une autre de M. H.-J. Rainey, qui, prétendant que la propagation des sons se fait invariablement le long des fleuves et rivières du delta, y voit la confirmation d'une origine basée sur les échos du grondement du ressac.

Pendant dix-huit années il n'est plus question de rien dans les *Proceedings* de la Société asiatique du Bengale, mais dans le procès-verbal de la séance de mars 1888, nous trouvons (p. 97) une nouvelle note du Bâbu Gaurdâs Bysack, intitulée : *On the Barisal Guns*. L'auteur rappelle et définit à nouveau le phénomène et signale qu'il l'a entendu cette fois à Tumlook, localité située à 32 milles au S.-O. de Calcutta et à environ 140 milles de Barisal, du côté opposé de l'immense estuaire des bouches du Gange.

L'auteur indique que diverses hypothèses ont été proposées pour expliquer l'origine du phénomène : 1° le grondement du ressac sur les côtes; 2° la chute de lourdes masses terreuses sur les rives escarpées des rivières; 3° des décharges électriques sous l'eau ou des gaz explosifs remués par une sorte d'action volcanique et s'échappant du dessous des eaux; 4° des agents souterrains ou volcaniques.

Dans un post-scriptum à sa communication, Gaurdâs Bysack fournit une note détaillée des constatations sur les « Barisal Guns », que lui a remise un avocat de Barisal, M. P.-N. Mitra, qui avait depuis longtemps soigneusement observé le phénomène.

Dans la même séance on lut (p. 101) une intéressante lettre de M. H.-J. Rainey sur le même sujet, et ces communications furent complétées par un exposé détaillé (p. 102) du Président, le lieutenant-

colonel J. Waterhouse, fournissant, avec le résumé de la question, une importante discussion des observations de MM. Gaurdás Bysack, Pellew, Beveridge, le capitaine Stewart, Rainey, Westland, T.-R. Star, Dall, J. Phear, Mitra, Davey. Il passa successivement en revue les diverses théories soit ayant cours, soit émises par ces nombreux observateurs, et l'impossibilité où il se trouva de conclure définitivement, fit ressortir l'intérêt du champ de recherches ouvert par la question des « Barisal Guns ». Le lieutenant-colonel Waterhouse termina sa communication en proposant qu'un comité spécial fût chargé de recueillir méthodiquement les observations et il appela l'attention sur l'aide précieuse que les stations météorologiques et les autorités maritimes pourraient apporter à l'étude systématique de la question.

Après cet exposé, M. T.-D. La Touche annonça avoir entendu les détonations connues sous le nom de « Barisal Guns » au S.-O. des Garo Hills, collines situées non loin des rives du Brahmapoutre, à plus de 220 milles de la mer et à 180 milles de Barisal.

M. Elsom (p. 112) défendit ensuite la théorie du bruit produit par les éboulements des falaises, et fournit quelques détails sur la transmission à grande distance du bruit du canon.

Une carte détaillée du Bengale (à l'échelle d'un pouce par 64 milles) accompagne le numéro de mars 1888 des procès-verbaux de la Société asiatique du Bengale et indique la répartition de seize localités, formant un triangle de 386 kilomètres de long sur 330 de large, et appartenant à la grande plaine d'alluvions principalement formée par le Gange et le Brahmapoutre, où les détonations ont été entendues. L'aire de ces détonations s'étend des collines de Garo, au Nord, jusqu'aux îles d'avant-garde du delta, au Sud.

Dans le procès-verbal de la séance d'août 1889 de la Société asiatique, nous trouvons un important rapport du Comité spécial institué pour recueillir des observations, tant à l'aide d'un formulaire que par correspondance.

Ce travail (p. 197-209) est intitulé : *Report on Barisal Guns made at a meeting of the sub-committee held on the 17 July 1889, to consider the observations recorded during the year 1888.*

En faisaient partie : le col. Waterhouse, le R. P. Lafont, M. A. Pedler, le Bábu Gaurdás Bysack et M. C. Little.

Ce rapport résume les résultats obtenus par le dépouillement de quinze questionnaires, reçus de diverses localités avec les renseignements demandés. Il est à noter que dans tous les cas signalés, il y avait du temps nuageux ou pluvieux, soit au moment où l'on entendait les détonations, soit dans les vingt-quatre heures antérieures.

Le tableau complet des quinze réponses est fourni dans ce rapport très détaillé, qui est suivi, page 205, d'un sommaire des observations de M. Waller, et d'un long extrait (p. 206-209) d'une lettre de M. A. Manson.

Dans le procès-verbal de la séance du 1^{er} janvier 1890, nous trouvons (p. 8-9) une note de M. James Rainey, intitulée : *Note on the Barisal Guns, the existence of volcanic vents in the direction of those sounds.*

Rappelant que le rapport du sous-comité de 1889 déclarait qu'il n'y avait « aucune évidence favorable à une action volcanique quelconque comme origine de sons, l'auteur signale toutefois que la chaîne montagneuse qui borde à l'Est, dans la région de Chittagong, le delta du Gange, n'est autre chose que le prolongement géologique du puissant groupe des volcans de l'archipel de la Sonde. Il attire l'attention sur les volcans de boue et sur leurs caractères, rappelle que leurs manifestations — qui se rattachent intimement à celles du groupe volcanique précité — s'effectuent dans la péninsule indo-chinoise qui enserre d'un côté l'estuaire du Gange, et il en arrive à admettre la possibilité d'une relation entre les phénomènes causant ces manifestations internes et les bruits constatés.

L'auteur fournit des détails intéressants sur les détonations accompagnant les éruptions des volcans de boue à Java et ailleurs. Il a lu, dans une ancienne revue, que des sons analogues aux « Barisal Guns » ont été entendus en Chine et ont été attribués à une origine souterraine.

En réponse à l'observation de M. Rainey, il dit que si des explosions sous-marines, se rattachant à des phénomènes internes, se produisent à la côte, il n'y a rien d'étonnant à ce que les sons se propagent aisément le long des cours d'eau qui se jettent dans la baie.

M. le Dr W. King (p. 10) fournit une note sur le même sujet, et M. A. Lee suggère fort judicieusement que des observations séismographiques devraient être faites pour s'assurer si oui ou non les « Barisal Guns » accompagnent des agitations de l'écorce terrestre.

C'est en septembre de la même année 1890 que M. T.-D. La Touche fit pour la première fois connaître en Europe l'existence des détonations mystérieuses de la baie du Bengale. La soixantième réunion de l'Association britannique, tenue à Leeds en 1890, en fut l'occasion, et l'on trouve page 800 du compte rendu de cette session, publié en 1891, une note succincte de M. T.-D. La Touche, intitulée : *On the sounds known as the Barisal Guns, occuring in the Gangetic delta.*

L'auteur, après avoir rappelé que les « Barisal Guns » sont des bruits ressemblant à la décharge lointaine d'une forte artillerie, qu'ils ont été entendus en divers points du delta du Gange et du Brahmapoutre, ainsi que dans les collines qui s'étendent au Nord, énumère les diverses théories qui ont été émises pour en expliquer l'origine. Il signale, comme étant la plus satisfaisante, celle qui y voit une connexion avec des agents volcaniques ou sismiques, souterrains ou sous-marins, et ajoute qu'il est possible qu'une cause de ces bruits pourrait résider en de petits mouvements de tassement les uns sur les autres des couches d'alluvions composant le delta, mouvements qui peuvent se trouver amplifiés par les tensions causées par les variations de pression de la surface, dues à l'invasion et au retrait des marées le long des nombreux lits fluviaux du delta.

La phase actuelle d'étude du phénomène vient d'être introduite par la publication, dans le numéro du 31 octobre de cette année (n° 1357, vol. 52, p. 650) du journal anglais *Nature*, du résumé d'une lettre que j'avais adressée à M. le professeur G. H. Darwin et présenté par lui à ce journal sous le titre : *Barisal Guns and Mist Poeffers*. Cet article a provoqué, dans le numéro suivant de la revue (7 novembre 1895, vol. 53, n° 1358), deux correspondances : l'une de M. R. Meldola, l'autre de M. N. C. Davison, insérées page 4, sous le titre commun de : *Curious Aerial or Subterranean Sounds*. Le premier de ces deux auteurs, tous deux également favorables à l'idée d'une origine souterraine, rappelle une observation faite par lui à l'occasion du tremblement de terre de 1884 dans l'Est de l'Angleterre, et le second rappelle les conclusions de son étude publiée en 1892 dans le *Geological Magazine*, sur les sons accompagnant les tremblements de terre, sons qui s'entendent parfois dans des régions périphériques, où le choc lui-même n'est plus perceptible.

Le numéro 1359 (du 14 novembre 1894) de *Nature* renferme (p. 30), sous le même titre que précédemment, trois communications sur le même sujet. Dans l'une, M. W. T. Blanford signale les travaux parus dans les procès-verbaux de la Société asiatique du Bengale et dit qu'une difficulté pour accepter les vues émises dans le précédent numéro du journal par MM. Meldola et Davison lui paraît résider dans la localisation, pour autant qu'elle soit connue, des « Barisal Guns » dans une aire relativement peu étendue, où les tremblements de terre sont rares, et en une période particulière de l'année.

La deuxième communication est la traduction présentée par le professeur Darwin d'une lettre que j'ai adressée au journal pour fournir

quelques explications supplémentaires, lettre dans laquelle j'annonce également la prochaine publication dans *Ciel et Terre* d'une étude détaillée sur la question.

Enfin, la troisième note, plus développée (p. 30-31), due à M. le professeur Mc Kenny Hughes, confirme l'existence de bruits mystérieux, entendus par l'auteur, notamment au voisinage de la partie occidentale de la grande faille pennine qui, aux environs de Kerby Lansdale, a reçu de Sedgwick le nom de « faille de Craven ».

Des montagnes situées au Nord de cette région, ainsi faillée, et qui dominent les plaines basses constituant le fond de la baie de Morecambe (près de Lancaster, dans la mer d'Irlande), l'auteur a parfois entendu des détonations qu'il avait d'abord indûment attribuées à la décharge de fortes pièces de marine, au large dans la baie, puis à des combinaisons d'échos de bruits d'explosions de mines.

Se basant sur les caractères communs aux bruits entendus par lui et aux Barisal Guns du Bengale, M. Mc Kenny Hughes recherche, dans l'article susdit, si l'on ne peut pas fournir d'autre explication. Il fait remarquer que le son du choc initial des vagues se jetant à l'assaut du rivage et celui de l'explosion du grand volume d'air englobé dans leurs volutes, sont amenés à de grandes distances. Il les a entendus ressemblant à de véritables détonations d'artillerie. Ce bruit qui réclame, pour son maximum d'effet, des conditions spéciales, n'est pas continu mais irrégulièrement intermittent. Or, entre les conditions où on l'entend dans la baie de Morecambe et celles indiquées pour le golfe du Bengale, il y a certaines coïncidences suggestives que signale l'auteur.

Dans un autre ordre d'idées, M. Hughes croit si fermement à la fréquente, à la constante production de mouvements terrestres pouvant produire des bruits souterrains, qu'il tient à dire quelques mots à cet égard. Après avoir rappelé le phénomène restreint de craquellement et de pétilllement des roches, subissant parfois au coucher du soleil les effets d'une transition brusque au point de vue calorifique; après avoir indiqué le rôle du froid et ses effets détonants; après avoir signalé une série de faits constatés dans les travaux de mines, de carrières, de tunnels, etc., montrant que les roches sont soumises à des phénomènes de pression qui, si l'équilibre est rompu, se transforment en mouvements accompagnés de bruits et de détonations, parfois violentes, l'auteur fait remarquer que les mouvements de l'écorce terrestre et le creusement de certaines roches par l'eau souterraine peuvent également amener au sein de la terre des ruptures d'équilibre, des déplacements et des détonations. Ces actions souterraines, lorsqu'elles

sont réduites à des phases ou à des effets de minime intensité, ne nous laissent guère percevoir que les sons produits souterrainement par ces craquements, petits tassements et déplacements; mais lorsque ceux-ci s'opèrent sur une plus large échelle, qu'ils soient dus à des écroulements souterrains ou à des phénomènes géogéniques, ils constituent les trémulations ou les tremblements de terre dans lesquels, outre le son, on perçoit les mouvements du sol transmis à la surface.

De ce qui précède il résulte qu'il y a ici une intéressante manifestation acoustique à étudier, tant dans la recherche de ses causes que dans la détermination de ses caractères. Une telle étude ne peut se faire qu'avec le concours d'un groupe d'observateurs ayant pour objectif non seulement de joindre leurs souvenirs à ceux déjà utilisés dans mon étude actuelle, mais encore d'étudier à l'avenir le phénomène dans ses rapports soit d'identification soit d'exclusivisme avec les diverses causes naturelles et artificielles de détonations pouvant produire dans le domaine de l'acoustique atmosphérique des manifestations analogues ou identiques.

Comme l'exposé qui précède permet de l'admettre, il se peut que la question passe, après mûr examen, du domaine de l'acoustique atmosphérique dans celui de la physique du globe et de la météorologie endogène. Elle rentrerait alors dans les attributions et dans le domaine scientifique des travaux de la Société belge de Géologie, et c'est pourquoi j'ai tenu à en saisir, sans plus tarder, mes collègues, espérant que mon appel sera entendu et viendra permettre d'éclairer de nouvelles lumières l'intéressante question que je viens d'aborder.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE

DU 24 DÉCEMBRE 1895.

Présidence de M. L. Dollo, Président.

1. La séance est ouverte à huit heures et demie.

MM. F. Bécлар et Arch. Geikie font excuser leur absence.

Le procès-verbal de l'assemblée générale du 18 décembre 1894 est approuvé.

Rapport annuel du Président.

M. le Président donne lecture du rapport suivant :

MESSIEURS,

Conformément à l'article 71 de nos Statuts, je viens vous rendre compte des travaux de la Société pendant l'année qui va finir.

Dans le courant de l'exercice 1895, nous nous sommes réunis neuf fois en assemblées mensuelles ordinaires, trois fois en séances de la section d'applications, cinq fois pour des excursions sur le terrain, et trois fois pour des conférences avec projections lumineuses.

Lors des assemblées mensuelles, la *Géologie* a donné lieu à d'intéressantes communications de MM. Bayet (sur quelques dépôts tertiaires de l'Entre-Sambre-et-Meuse), Klement (sur l'origine de la Dolomie dans les formations sédimentaires), Lorié (sur l'évolution de la Meuse et de l'Escaut), Stanislas Meunier (sur l'extension des anciens glaciers dans l'Europe occidentale), Van den Broeck (sur les bruits mystérieux).

La *Paléontologie* a été l'objet des travaux de MM. Bécлар (sur les Spirifères du Coblentzien), Dollo (sur la phylogénie des Dipneustes), Storms (sur divers Poissons nouveaux de l'Éocène de Belgique).

L'*Hydrologie* a été représentée par une lecture de M. Verstraeten (sur la circulation de l'eau dans les massifs rocheux), par une étude de M. Flamache (formation des grottes et des vallées calcaires), suivie d'une réponse, très documentée, de M. Van den Broeck sur le même sujet.

Toutes ces études figureront dans nos *Mémoires*, qui comprendront, cette année, seize planches et de vingt-cinq feuilles d'impression. Résultat exceptionnellement favorable et dont nous pouvons nous féliciter.

Mais, outre les neuf communications dont je viens de parler et qui, par leur étendue, ne pouvaient être insérées dans nos *Procès-Verbaux*, nous avons encore entendu quarante et une autres dissertations, qui se répartissent de la manière suivante.

Vingt pour la *Géologie*, dues à MM. Arctowski, Bourdariat, Dupont, Erens, Lechien, St. Meunier, de Munck, van Overloop, Sacco, Stainier.

Treize pour la *Paléontologie*, dues à MM. Bernays, Delheid, Dollo, Dubois, Pergens, Rutot, Van den Broeck.

Huit pour l'*Hydrologie*, dues à MM. Flamache, Hans, Losseau, Moulan, Rutot, Van den Broeck, Verstraeten.

Parmi ces communications, moins volumineuses, mais non moins importantes, il nous faut tirer, comme hors de pair, les recherches de M. Rutot sur le littoral belge et la conférence de M. le Dr Dubois sur l'ancêtre supposé de l'homme, découvert à Java, conférence qui donna, on s'en souvient, naissance à une discussion extrêmement intéressante, à laquelle voulut bien prendre part M. le Dr Houzé, président de la Société d'Anthropologie de Bruxelles.

Nous sommes allés cinq fois sur le *terrain*, mais, bien qu'accompagnés chaque fois de militaires, toujours d'une manière pacifique.

Nous commençâmes nos excursions, les 2 et 3 juin, par une visite aux bords de la mer, où, sous la direction de M. Rutot, nous eûmes le plaisir d'étudier le littoral belge, le long duquel notre savant confrère venait de se livrer à des explorations aussi originales qu'approfondies. Attiré par le vif intérêt de cette course, M. Lorié, privat-docent à l'Université d'Utrecht et membre de notre Société, s'était empressé de se joindre à nous.

Le 30 juin suivant, nous continuâmes nos pérégrinations par l'excursion d'Uccle-Calvoet. M. Rutot, à l'obligeance duquel nous avions encore dû recourir en cette circonstance, ne put nous conduire, par suite d'un événement imprévu, mais, grâce à la complaisance de M. le commandant Cuvelier et de M. le commandant Paquet, la course put avoir lieu, et nous eûmes ainsi l'occasion de revoir les terrains tertiaires des environs de Bruxelles.

Un peu plus tard, le 14 juillet, nous nous rendîmes au Bolderberg, et M. Van den Broeck voulut bien nous y servir de guide. Deux confrères étrangers, M. Dollfus (de Paris) et M. Lorié (d'Utrecht), tous deux membres de la Société, nous accompagnaient, ainsi que MM. Max Lohest et G. Vincent, en qualité d'invités. Cette fois, nous eûmes, non seulement la satisfaction de visiter à nouveau un point classique pour l'étude des terrains tertiaires du Limbourg, mais ceux d'entre nous qui sont plus particulièrement versés dans ces questions purent constater que, conformément à l'opinion de M. Van den Broeck, le

Bolderien appartient bien au Miocène, et non à l'Oligocène comme on l'a encore prétendu tout récemment.

Enfin, un certain nombre d'entre nous, sous la direction de M. Van den Broeck encore, firent, le 31 octobre dernier, le voyage d'Anvers, pour y examiner les couches du Tertiaire supérieur, qui, bientôt, cesseront d'être visibles, et y recueillir des documents paléontologiques.

Cependant, dans l'entretemps, notre grande excursion annuelle avait eu lieu, dans le Boulonnais, où nous fûmes conduits par notre vénéré maître et ancien président, M. le professeur Gosselet, qui, sacrifiant ainsi, avec une rare abnégation, ses travaux personnels, voulut bien nous consacrer une semaine entière pour nous montrer toute l'échelle des terrains.

Ce n'est pas ici l'endroit de vous entretenir en détail de cette magnifique excursion, qui prit place du 17 au 25 août, puisque M. le capitaine Hankar a consenti à en écrire le compte-rendu, et que, dans quelques instants, il nous rappellera les faits mémorables de cette remarquable campagne.

Avant de quitter ce sujet, je vous rappellerai pourtant que c'est à la suite des bruits mystérieux entendus pendant notre excursion annuelle que M. Van den Broeck se décida à entreprendre les importantes recherches dont les résultats paraissent actuellement dans *Ciel et Terre*, et dont une partie figurera aussi dans le recueil de notre Société.

D'autre part, durant le présent exercice, nous avons eu trois *conférences* illustrées de projections lumineuses. La première, par M. Dollo, sur la Vie dans les grandes profondeurs de l'Océan; la deuxième, par M. Kemna, sur les Foraminifères; la troisième, par M. Rutot, sur la Mer.

Mais notre Société a encore manifesté son activité dans d'autres directions.

Et, à ce propos, laissez-moi vous signaler le grand succès de la *Carte pluviométrique* de M. Lancaster. Je suis heureux de pouvoir ajouter aussitôt que, grâce aux appuis divers qui nous ont été accordés, nous avons les fonds nécessaires pour assurer la continuation de cette œuvre éminemment utile.

Nos *publications*, aussi, sont en bonne voie. Grâce à l'activité de notre secrétaire, le dernier fascicule du volume de 1894 ne tardera pas à paraître, et vous recevrez bientôt la deuxième partie, très importante, du volume de 1895, entièrement formée de mémoires originaux, qui sont accompagnés de nombreuses planches.

Elles sont, d'ailleurs, très appréciées, nos publications. Le meilleur témoignage, à cet égard, nous est fourni par les *échanges*.

Depuis l'an dernier, nous avons obtenu cinquante-trois échanges nouveaux, ce qui porte à cent quarante-huit le nombre total des sociétés avec lesquelles nous sommes en relations actuellement.

Les corps savants les plus considérables consentent à nous envoyer leurs recueils. Et, pour n'en citer qu'un seul, l'Institut de France nous a fait remettre, en échange de nos huit volumes, la série complète de ses travaux, qui constitue une véritable bibliothèque.

Un point dont nous devons également nous réjouir, c'est l'assiduité de nos membres aux séances mensuelles. Nous ne sommes jamais moins de vingt, et souvent nous sommes de trente-cinq à quarante.

C'est là un élément important de vitalité. Il est la preuve des relations amicales qui existent entre nos membres. C'est aussi un précieux encouragement pour ceux d'entre nous, qui, par la nature de leurs occupations professionnelles, sont amenés à figurer le plus souvent à l'ordre du jour.

Je suis convaincu que la fréquentation de nos séances ne sera pas moindre dans l'avenir que dans le passé, et que, sous ce rapport, nous continuerons à travailler en commun à la prospérité de la Société.

Un autre point capital pour notre vitalité, c'est le *nombre des membres* sur lesquels nous prélevons une cotisation, car c'est de là que nous tirons une bonne partie des ressources destinées à assurer le service de nos publications.

Ici, encore, la situation est favorable. En 1895, nous avons admis quinze nouveaux membres effectifs et trois nouveaux associés régnicoles, ce qui, malgré quelques pertes inévitables, nous laisse encore quatre cents membres, dont deux cent quatre-vingt-trois effectifs.

Cependant, il serait hautement désirable que, pour l'année prochaine, dixième anniversaire de notre fondation, nous puissions atteindre le chiffre de trois cents membres effectifs. Et, pour cela, nous comptons sur la bonne volonté de tous. Qu'on se le dise. Et qu'une propagande active nous amène bientôt les dix-sept membres manquants !

Il y a un instant, je vous parlais de nos pertes.

Indépendamment de quelques démissions, inévitables dans le bilan d'une année, la mort nous a enlevé en 1895, deux membres honoraires, un membre associé étranger et quatre membres effectifs.

Le professeur *Dana*, qui fut longtemps le Nestor des géologues, s'est éteint comblé d'ans et d'honneurs bien mérités, travaillant jusqu'à son dernier jour. Sa disparition est un grand deuil pour la science, car, dans les diverses branches où il avait donné des preuves de son activité, il brillait au premier rang.

Le marquis de *Saporta* nous a également quittés, et cette mort sera peut-être plus sensible à la Belgique. En effet, de *Saporta* ne fut pas seulement un éminent paléontologiste, mais, à diverses reprises, il étudia les végétaux fossiles recueillis dans le pays. C'est lui qui décrivit la flore heersienne de Gelinden. C'est lui, aussi, qui détermina les plantes, qui, à Bernissart, accompagnaient les *Iguanodons*.

Les ingénieurs *Deby* et *Stapff* étaient bien connus par leurs travaux sur les *Diatomées* et sur le Saint-Gothard.

Quant à MM. *Henry*, *Ibels* et *Kuhnen*, morts aussi en 1895, s'ils étaient moins réputés parmi nous, c'est qu'ils avaient exercé leurs forces dans un domaine différent de celui qui fait l'objet habituel de nos occupations.

A tous ces membres, qui nous furent fidèles jusqu'à leur dernier jour, nous conserverons un souvenir reconnaissant et sympathique.

Mais, laissons en paix ceux qui reposent pour toujours. Et revenons parmi ceux que nous avons encore le bonheur de posséder parmi nous.

Je suis heureux de réitérer ici nos félicitations à MM. *Cuvelier* et *Hankar*, pour les promotions dont ils ont été l'objet au commencement de l'année courante.

Et, maintenant, nous avons à exprimer nos sentiments de gratitude envers plusieurs bienfaiteurs. Nous n'y manquerons pas.

Nous avons à remercier le Conseil d'administration de l'*Université de Bruxelles*, qui a bien voulu nous accorder l'hospitalité dans les locaux de cette institution scientifique.

D'autre part, le *Conseil provincial du Brabant*, comprenant la haute mission dont il est investi, nous a octroyé, pour les exercices 1894 et 1895 réunis, un subside de deux mille francs, sans lequel nos publications eussent été arrêtées. Nous le prions de croire à notre sincère reconnaissance pour ce service signalé.

Nous avons à remercier encore MM. *Cuvelier*, *Gosselet*, *Paquet*, *Rutot* et *Van den Broeck*, qui ont consenti à diriger les excursions de la Société.

Puis, M. *Gilbert*, trésorier, et M. *Béclard*, qui l'a aidé, pour la besogne fastidieuse dont ils se sont chargés, et sans laquelle, il faut bien le répéter, il n'y aurait pas de Société possible.

Mais, par-dessus tout, votre Président doit adresser ses plus vifs remerciements à nos secrétaires, MM. *Rutot* et *Van den Broeck*, en son nom et au vôtre. On ne peut se le dissimuler, c'est à eux que nous devons, non pas seulement la prospérité de notre association, mais son existence même. Qui voudrait, qui saurait même accepter la tâche ingrate qu'ils ont prise spontanément pour notre plus grand profit?

Qui organise les séances mensuelles, chose beaucoup moins aisée qu'on le croirait en y assistant? Qui prépare et dirige les excursions? Qui assure le service des publications? Qui fait les démarches nécessaires pour nous procurer des ressources indispensables? Et mille autres besognes (car c'est le mot) qu'il serait trop long de rapporter ici? Ce sont eux, toujours eux! Et je vous propose de leur témoigner votre reconnaissance par un ban bien nourri d'applaudissements. (*Applaudissements prolongés.*)

Je propose également que la Société vote des remerciements aux personnes, ou aux institutions, que j'ai nommées plus haut et qui nous ont rendu aussi d'importants services. (*Marques unanimes d'approbation.*)

Après le passé, l'avenir.

Nous n'avons pas perdu de vue l'importante question de l'installation définitive de notre *bibliothèque*. Ce point a été examiné dans notre dernière réunion du Conseil, qui a donné délégation au Bureau pour traiter complètement l'affaire et, avant longtemps, nous aurons une solution décisive.

Plusieurs membres avaient aussi soulevé la question de savoir s'il ne serait pas possible de réaliser d'importantes économies sur l'*impression du Bulletin*. La question est à l'étude, et comme, ici aussi, le Bureau a reçu délégation du Conseil, je puis vous assurer que la chose ne restera pas en souffrance.

Enfin, le Conseil a décidé que, toutes les fois que trois membres d'une assemblée demanderont qu'une *commission* soit nommée pour examiner un travail lu en séance, il y aura lieu de faire droit à cette demande. Après examen, la commission proposera l'impression du travail, ou son renvoi aux auteurs. Et l'assemblée suivante approuvera ou rejettera ces conclusions. Nous éviterons ainsi certaines difficultés que nous avons rencontrées jadis dans la publication de plusieurs travaux.

Avant de conclure, permettez-moi de vous rappeler que, en 1897, nous fêterons le dixième anniversaire de notre fondation.

A cette occasion, le Conseil vous propose :

De publier, en une brochure, le résumé des travaux accomplis et des progrès réalisés par notre Société durant les dix dernières années. M. l'ingénieur *Hans*, auquel la Société doit déjà beaucoup, a eu la complaisance de se charger de ce rapport décennal.

D'organiser, avec le concours d'autres Sociétés belges et étrangères, une sorte de fête scientifique, où il y aurait des projections lumineuses et une exhibition d'objets intéressants, se rapportant à nos études.

Et de clore le tout par un banquet, complément indispensable des réjouissances susnommées !

Nous espérons que ce projet vous agréera. Et, dans l'affirmative, nous ne pourrions tarder à nous préparer à le réaliser, car une année est vite passée et, pour réussir, il conviendra de combiner les multiples éléments nécessaires assez longtemps d'avance.

Voilà, Messieurs, ce que nous avons fait et ce que nous nous proposons de faire.

Comme vous le voyez, la situation est bonne, et nous pouvons envisager l'avenir avec confiance, si les pouvoirs publics continuent à nous honorer de leur bienveillance, en nous soutenant par des subsides, d'ailleurs largement justifiés, étant donnée la part importante que les *applications de la Géologie* prennent dans nos études.

Approbation des comptes de l'année 1895 et Rapport du Trésorier.

M. le Trésorier donne lecture du rapport suivant :

MESSIEURS,

La situation financière que j'ai eu l'honneur de vous exposer l'an dernier, faisait pressentir un déficit de 700 à 800 francs ; je suis heureux de pouvoir vous annoncer que cette prévision ne s'est pas réalisée.

En effet, tandis que les recettes restant à effectuer pour l'exercice 1894 ont été intégralement réalisées, y compris le subside provincial de 1000 francs qui paraissait devoir nous échapper, il a été possible de rester en dessous des estimations quant aux dépenses et de maintenir ainsi l'état de nos finances dans l'équilibre résultant des relevés ci-après :

SITUATION AU 12 DÉCEMBRE 1895.

Recettes :

Encaisse au 29 novembre 1894	frs.	3447 55
Droits d'entrée		195 00
Cotisations de l'exercice en cours		3420 00
Cotisations d'exercices antérieurs		525 00
Versements anticipés		27 00
Vente de publications		642 50
Subsides de l'État (1894) et de la Province (1894 et 1895).		3000 00
Revenu du portefeuille		120 00
Remboursements de frais d'encaissement		20 35
id. de frais d'impression à charge de la		
Carte pluviométrique (<i>Compte d'ordre</i>)		140 50
Total des recettes.	frs.	11537 90

Dépenses.

Report frs. 11 537 90

Solde de l'impression et des planches du tome VII (1893). frs.	2307 63
Impression et planches du tome VIII (1894) frs.	1460 32
» » » IX (1895) frs.	1295 16

FRAIS GÉNÉRAUX :

Conférences et excursions; employé du secrétariat et de la bibliothèque; frais de circulaires et de convocations; fournitures de bureau; ports et dépenses diverses . . . frs. 1356 70

Solde du loyer de notre local à la Bourse. frs. 281 25

Impressions à charge du fonds spécial de la Carte pluviométrique (*Compte d'ordre*) . frs. 140 50

frs. 1778 45

Total des dépenses . . frs. 6841 56

Soit un encaisse à ce jour de . frs. 4696 34

Il reste à recevoir pour l'exercice 1895 :

Droits d'entrée. frs.	45 00
Cotisations de l'exercice en cours	320 00
Cotisations arriérées (pour mémoire) . . .	» »
Vente du tome VIII	475 00
Subside de l'État (1895)	1000 00

fr. 1840 00

Total en recettes . . fr. 6536 34

Par contre, les dépenses restant à solder pour le même exercice, comprennent :

Solde des frais d'impression du tome VIII, fr.	942 50
Frais d'impression, planches et clichés du tome IX (1895)	5493 84
Solde des frais généraux	100 00

fr. 6536 34

D'où balance des recettes et des dépenses.

L'assemblée approuve les comptes de 1895 tels qu'ils viennent d'être exposés par M. le Trésorier.

Projet de budget pour l'exercice 1896 (*Suite du Rapport de M. le Trésorier*).

Le projet de budget pour 1896, arrêté en séance du Conseil, balance en recettes et en dépenses par une somme de 6440 francs, toujours en tenant compte de l'intégralité de nos subsides; 5320 francs sont réservés dans ces évaluations pour la publication du tome X de notre Bulletin.

Fonds spécial de la Carte pluviométrique.

Au 29 novembre 1894, l'encaisse représentait une somme de. frs. 3097 90

Recettes effectuées :

Intérêts du fonds capitalisé. frs.	78 75	
Vente de cartes	1004 00	
		frs. 1082 75
Total en recettes . . . frs.		4180 65

Dépenses effectuées :

Frais d'impression des cartes et textes ; circulaires et frais d'envoi frs.	2213 98
Reste disponible pour le fasc. II . . . frs.	1966 67

L'assemblée approuve le projet de budget tel qu'il est présenté, au nom du Conseil, par M. le Trésorier, et des félicitations sont adressées à celui-ci pour la bonne gestion des finances de la Société. — (*Applaudissements.*)

Le rapport et le projet sont approuvés.

Compte rendu sommaire, par M. A. HANKAR, de la Session extraordinaire de 1895, dans le Boulonnais.

Notre Société ayant décidé de tenir sa Session extraordinaire dans le Nord de la France, une vingtaine de nos collègues se réunirent dans la soirée du samedi 17 août au Grand-Hôtel, à Lille, où les attendait M. Gosselet, qui devait diriger les excursions.

Après le souper eut lieu la première séance de la session. Le savant

professeur de l'Université de Lille exposa, dans leurs grandes lignes, l'histoire et la constitution géologiques de la région que nous allions parcourir avec lui.

Le dimanche 18 août, nous nous embarquâmes pour Cassel; la journée fut consacrée à l'exploration du Mont Cassel et du Mont des Récollets et à l'étude de la géographie physique de la Flandre; le soir nous gagnâmes Saint-Omer.

Le lendemain nous fîmes, dans les environs de cette ville, de nombreuses constatations concernant la géologie de la région. Le problème de l'origine de la curieuse boutonnière qui constitue le Petit-Boulonnais fut étudié sur place et fit, le soir, l'objet d'une intéressante causerie de M. Gosselet, suivie d'une discussion à laquelle MM. Rutot et Van den Broeck surtout prirent part. M. Gosselet exposa ensuite l'histoire des vicissitudes qu'ont subies les environs de Saint-Omer depuis l'époque quaternaire.

La journée du mardi 20 août fut consacrée principalement à l'étude de la géographie physique de l'Artois et des dépôts modernes de la région; elle vint en quelque sorte prolonger vers le Sud les deux intéressantes courses que nous avons faites deux mois auparavant, sous la direction de M. Rutot, le long de notre littoral. Le soir, nous nous rendions à Marquises, qui devait nous servir de base pour les excursions du reste de la session.

Le mercredi 21 août la Société refit la course, si célèbre dans les annales de la géologie, de Sangatte au Cap Blanc-Nez et à Wissaut. Les belles falaises dont nous suivîmes le pied nous montrèrent successivement diverses couches du Crétacé, du Gault, et de l'Aptien; la plage nous offrit un affleurement de tourbe avec arbres encore en place, comme nous en avons vus à Heyst au mois de juin, enfin les dunes de Wissaut nous permirent de reconnaître les vestiges d'une station romaine.

La journée du jeudi 22 août fut employée à l'étude des terrains primaires du Boulonnais. M. Gosselet nous exposa sur place ses vues sur la terminaison occidentale du bassin houiller franco-belge et sur le bassin de Douvres.

Le lendemain, vendredi 23 août, nous permit de contempler et d'étudier, entre Le Portel, Boulogne et Wimereux, les intéressantes et pittoresques falaises kimmériennes et portlandiennes, bien différentes des falaises de la craie que nous avons admirées l'avant-veille au Nord de Boulogne.

Le samedi 24 août nous conduisit beaucoup plus au Sud : jusqu'au magnifique estuaire de la Somme et à Saint-Valéry. Les environs de

la ville nous donnèrent l'occasion de faire de nombreuses constatations concernant surtout les terrains crétacés et landeniens et d'observer d'intéressants kjoekkenmøddings.

Le lendemain, 25 août, les excursionnistes se séparaient, heureux d'avoir pris part à une série de courses aussi variées, aussi fertiles en enseignements et auxquelles l'élément pittoresque avait largement ajouté son charme.

Pour terminer, nous avons à remplir une tâche aussi facile qu'agréable : celle de remercier notre ancien Président, M. Gosselet, qui avait bien voulu accepter la difficile et fatigante mission de diriger les excursions dans cette région du Nord de la France dont il a tant contribué à faire connaître la constitution géologique. Sa science, qu'il n'est pas nécessaire de rappeler devant vous, son talent d'organisation et son inépuisable bienveillance, que beaucoup d'entre nous avaient déjà eu l'occasion d'apprécier à plusieurs reprises, son énergie, à laquelle l'âge n'a rien pu enlever, nous étaient un sûr garant de succès. L'événement a prouvé que la Société belge de Géologie avait eu raison de compter sur lui.

Je suis certain d'être également l'interprète de tous les membres qui ont pris part à l'intéressante Session extraordinaire de cette année, en remerciant aussi ceux qui ont assumé avec M. Gosselet la tâche moins apparente, mais non moins pénible, de préparer celle-ci et qui ont eu pour cela à vaincre des difficultés matérielles considérables, résultant surtout de l'affluence des étrangers dans les stations balnéaires du littoral boulonnais.

Les services que nous ont rendus à cette occasion notre Président et nos Secrétaires ne sont pas les moindres parmi ceux, bien nombreux déjà, dont nous leur sommes redevables, aussi ne leur marchanderons-nous pas notre gratitude en cette circonstance. (*Applaudissements.*)

Fixation du chiffre de la cotisation et des prix de vente et d'abonnement des publications.

Aucune modification aux décisions antérieures n'est apportée ni demandée par l'assemblée et, comme précédemment, il est admis que les membres nouveaux désireux, pendant l'exercice 1896, d'obtenir avec la réduction de 50 % les neuf volumes antérieurs (1887 à 1895) pourront échelonner sur quatre exercices le paiement de leur acquisition (90 francs au lieu de 180), soit pendant quatre ans un supplément de 20 francs à la cotisation annuelle, avec un solde de 10 francs pour la cinquième année. Les neuf volumes leur seront envoyés aussitôt la

demande faite et le premier versement réglé avec la cotisation de l'année.

Fixation des jours et heures des séances.

Les séances mensuelles, spécialement réservées à la Géologie et à la Paléontologie auront lieu, comme d'habitude, le *dernier mardi* de chaque mois, à 8 heures et demie, sauf pendant les vacances des mois d'août et de septembre.

Des séances supplémentaires d'Hydrologie et d'applications géologiques, des conférences et causeries avec projections lumineuses, auront lieu à des époques variables, qui seront annoncées aux séances mensuelles et par des convocations spéciales.

TABLEAU INDICATIF DES JOURS ET HEURES DE SÉANCE

ANNÉE 1896

<i>Janvier,</i>	Mardi	28, à 8 1/2 heures.	<i>Juillet,</i>	Mardi	28, à 8 1/2 heure
<i>Février,</i>	Mardi	25, à 8 1/2 heures.	<i>Août,</i>	} Vacances.	
<i>Mars,</i>	Mardi	31, à 8 1/2 heures.	<i>Septembre,</i>		
<i>Avril,</i>	Mardi	28, à 8 1/2 heures.	<i>Octobre,</i>	Mardi	27, à 8 1/2 heures.
<i>Mai,</i>	Mardi	26, à 8 1/2 heures.	<i>Novembre,</i>	Mardi	24, à 8 1/2 heures.
<i>Juin,</i>	Mardi	30, à 8 1/2 heures.	<i>Décembre,</i>	Ass. Gén. Mardi	22 à 8 1/2 h.

NOTA. — Les séances auront lieu à l' *Université libre* (entrée par la rue des Sols) et commenceront à 8 1/2 heures *précises*.

L'**Assemblée générale annuelle** du 22 décembre pourra être précédée, s'il en est besoin, d'une séance ordinaire.

Session extraordinaire de 1896 et programme des excursions de l'année.

Le Conseil, sur la proposition de MM. *Rutot* et *Van den Broeck*, propose une excursion extraordinaire d'une huitaine de jours, qui comprendrait une étude des dépôts oligocènes du Limbourg aux environs de Tongres et de Bilsen; l'étude des terrains crétacés de la Vallée du Geer, entre Tongres et Maestricht; l'exploration du gîte d'Elsloo et la visite des carrières souterraines de Fauquemont; l'étude des terrains crétacés d'Aix-la-Chapelle; une visite à Bonn et aux exploitations de lignites du Rhin et enfin une course dans les Siebengebirge, où l'on étudiera spécialement les superbes carrières de basalte de cette région classique. Le bienveillant concours de MM. Erens, Holzapfel et Stürtz nous est acquis pour la réalisation de ce projet. (*Adopté.*)

Des courses d'un jour sont aussi acceptées pour Anvers et pour les

environs de Bruxelles, de même qu'un programme d'excursion, en deux journées, dans le Silurien de la Vallée de la Senne, que veulent bien se charger de diriger MM. *Cuvelier et Paquet*. Si les circonstances et le temps s'y prêtent, d'autres courses seront encore proposées dans le courant de l'année et ces diverses propositions sont adoptées par l'Assemblée.

Décisions du Conseil.

Dans sa réunion du 13 décembre, le *Conseil* a pris les décisions suivantes, qui sont portées à la connaissance de l'Assemblée ;

1° Tant pour ce qui concerne la question de la *Bibliothèque* et du local définitif recherché pour elle, que pour ce qui concerne la question des modifications à apporter aux *publications* et à leurs conditions d'impression, le Conseil a donné pleins pouvoirs au *Bureau* de la Société pour traiter ces questions. S'il y a lieu toutefois de faire un contrat liant la Société en ce qui concerne la seconde série de nos publications (à commencer avec le tome XI de 1897), ce contrat, pour être valable, devra être soumis à l'approbation du Conseil.

2° Il a été décidé que lorsqu'à la suite d'une lecture ou communication verbale en séance ou bien après audition du résumé seulement d'un travail destiné aux publications, *trois membres* présents demanderont qu'il soit nommé des *Commissaires*, ou que le travail soit soumis au contrôle du *Comité de publications*, il devra, à l'avenir, être déféré à cette demande, préalablement à toute publication.

3° Il a été décidé qu'à l'occasion du 10^e anniversaire de la fondation de la Société, une *Notice spéciale* sera publiée et reproduite dans le *Bulletin*, notice fournissant notamment l'exposé rétrospectif des travaux effectués pendant ces dix premières années dans le domaine de l'*Hydrologie* et des *applications géologiques*.

Ce travail, qui aura pour objectif un moyen spécial de propagande en faveur de la Société, en dehors du monde scientifique proprement dit, sera confié à M. l'ingénieur *J. Hans* qui a bien voulu s'en charger.

L'Assemblée vote des remerciements à M. *J. Hans*.

ÉLECTIONS

L'ordre du jour appelle ensuite les élections :

Élection d'un Secrétaire.

M. *Ernest Van den Broeck* est réélu par acclamations.

Élection de quatre Vice-Présidents.

D'après l'article 33 des Statuts, exigeant le remplacement annuel des quatre Vice-Présidents, non rééligibles, il est procédé à l'élection des quatre Vice-Présidents.

Sont nommés Vice-Présidents par le vote de l'Assemblée :

MM. *E. Cuvelier, A. Hankar, V. Jacques, Ch. Lahaye.*

Élection des délégués du Conseil.

Sont nommés délégués du Conseil : MM. *G. Jottrand, A. Rutot et X. Stainier.*

Élection de trois membres du Conseil.

Sont nommés membres du Conseil : MM. *Éd. Dupont, J. Hans, A. Houzeau.*

Élection de la Commission de vérification des comptes.

Sont élus membres de cette Commission : MM. *Em. de Munch, Raboëe et Eug. Van Overloop.*

Élection du Comité de publication.

Sont élus membres de ce Comité : MM. *V. Jacques, G. Jottrand et A. Houzeau de Lehaie.*

Section d'hydrologie et d'applications géologiques.

Le Bureau des séances de cette Section est réélu comme suit : M. *G. Jottrand*, Président ; MM. *Lahaye, Lancaster, Putzeys et Verstraeten*, Vice-Présidents ; M. *A. Rutot*, Secrétaire.

Commission des fêtes du décennaire de 1897.

Comme suite à la décision du *Conseil* de fêter, avec un certain éclat, le 17 février 1897, le *dixième anniversaire* de la fondation de la Société, il est décidé par l'Assemblée que le Bureau est autorisé à s'adjoindre quelques membres de la Société en vue de constituer un Comité qui étudiera si le projet de donner, à l'occasion de cet anniversaire, une fête scientifique en une ou plusieurs journées ou soirées, est pratiquement réalisable, et dans quelles conditions.

La séance est levée à dix heures vingt.

COMPOSITION DU BUREAU ET DU CONSEIL

Par suite des élections ci-dessus indiquées, le Conseil est constitué ainsi qu'il suit pour l'exercice 1896.

Président :

L. Dollo.

Vice-Présidents :

E. Cuvelier, A. Hankar, V. Jacques, Ch. Lahaye.

Secrétaire :

E. Van den Broeck.

Trésorier :

Th. Gilbert.

Bibliothécaire :

S. Nizet.

Délégués du Conseil :

G. Jottrand, A. Rutot, X. Stainier, J. Willems.

Membres du Conseil :

**F. Béclard, E. Dupont, J. Hans, A. Houzeau, Ch. Puttemans,
Cl. Van Bogaert.**

BUREAU DES SÉANCES

DE LA SECTION D'APPLICATIONS GÉOLOGIQUES, HYDROLOGIE, ETC.

Président :

G. Jottrand.

Vice-Présidents :

Ch. Lahaye, A. Lancaster, E. Putzeys, Th. Verstraeten.

Secrétaire :

A. Rutot.

M É M O I R E S

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

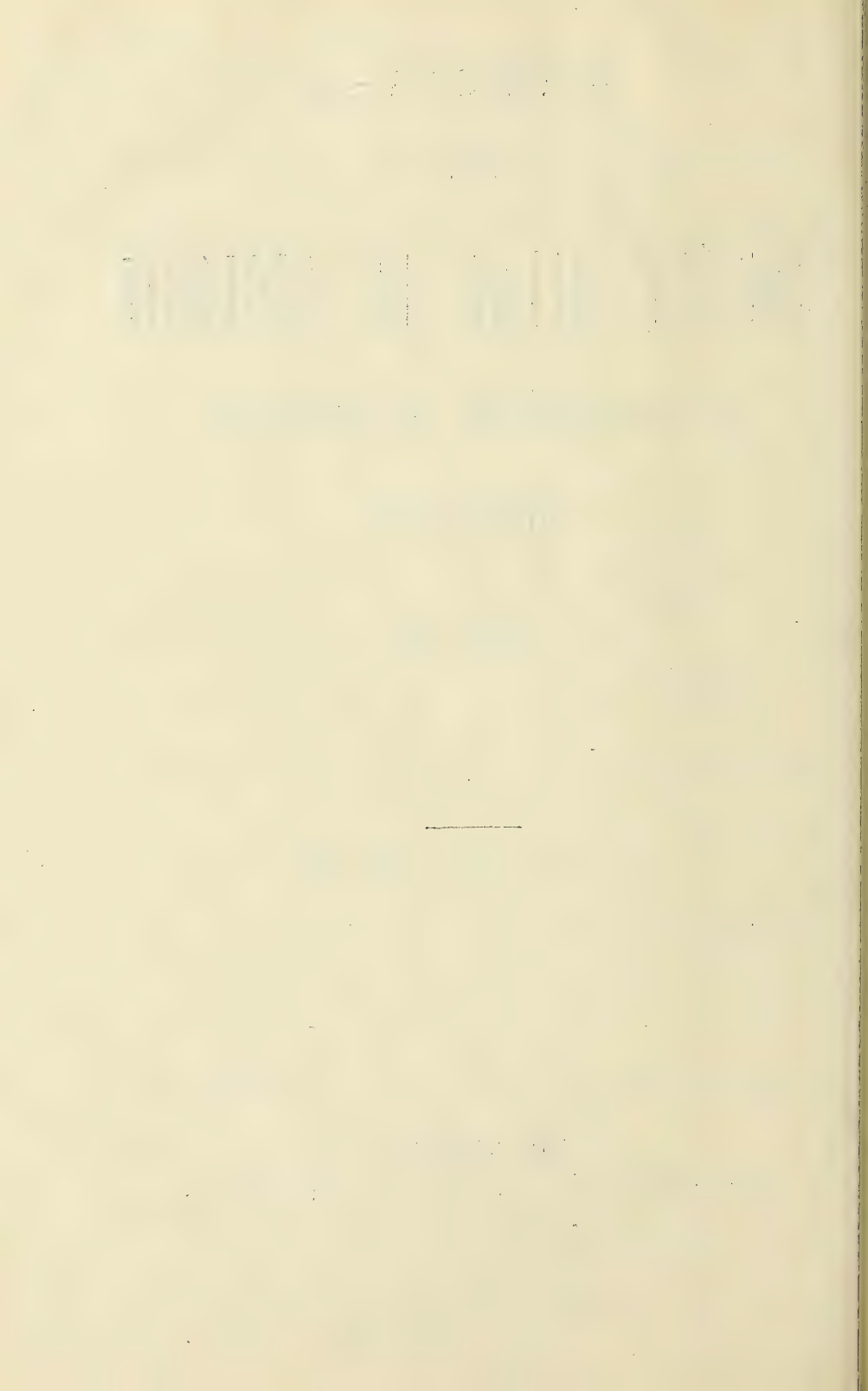
TOME **IX**

ANNÉE 1895

BRUXELLES

POLLEUNIS ET CEUTERICK, IMPRIMEURS

37, RUE DES URSULINES, 37



MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

BRUXELLES

TOME IX — ANNÉE 1895

SUR L'ORIGINE DE LA DOLOMIE

DANS LES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES

PAR

M. C. Klement

Aide-naturaliste au Musée Royal d'Histoire Naturelle de Bruxelles.

INTRODUCTION HISTORIQUE.

Il y a probablement peu de roches simples dont l'origine ait donné lieu à tant de discussions scientifiques que la dolomie. Depuis que *Dolomieu* (1), en 1791, eut attiré l'attention du monde savant sur cette roche, dénommée en son honneur par *Saussure* (2), un grand nombre de savants, géologues, lithologistes et chimistes, se sont occupés de cette question, et les hypothèses les plus variées ont été émises, sans qu'on eût trouvé jusqu'ici une solution complète du problème.

Le plus grand nombre de ces hypothèses, se basant surtout sur le manque de stratification et sur la rareté de fossiles bien conservés dans la roche typique, admettent pour la dolomie une formation *indirecte*, par voie de métamorphisme du calcaire déposé par l'action

(1) D. DOLOMIEU. *Journ. de Phys.*, 1791, **39**, p. 3.

(2) H. B. DE SAUSSURE. *Voyage dans les Alpes*, 1796, § 1929.

des organismes. Mais quand il s'agit de savoir de quelle manière cette transformation du calcaire en dolomie s'est opérée, les opinions sont des plus divergentes.

La théorie la plus ancienne de l'action de vapeurs magnésifères d'origine volcanique, telle qu'elle a été développée par *Arduino* (1), *Heim* (2), *L. von Buch* (3), *Frapolli* (4) et *Durocher* (5), est aujourd'hui complètement abandonnée et n'a plus qu'une valeur historique. La possibilité d'une transformation partielle et peu étendue, par l'action volcanique, est cependant démontrée par l'observation suivante de *Coquand* (6) : à Rougiers (Var), le calcaire coquillier a été dolomitisé au contact du basalte jusqu'à une distance d'un mètre environ.

Un second groupe de savants admettent un apport de magnésie par voie humide, soit sous la forme de sulfate ou de chlorure, soit sous celle de bicarbonate. Ainsi, par exemple, *Dana* (7) a émis l'opinion que la magnésie fut introduite dans le calcaire par l'action de l'eau chaude renfermant de la magnésie. D'autres, tels que *de Collegno* (8), *von Alberti* (9) et surtout *Haidinger*, frappés par l'association si souvent observée de dolomie et de gypse, furent d'avis que les deux roches doivent avoir pris naissance par la même action chimique. *A. von Morlot* (10) fut le premier qui réussit à démontrer que, à une température de 200° et sous une pression de 15 atmosphères, le calcaire est décomposé par le sulfate de magnésium, avec formation de gypse et de carbonate magnésien. *Marignac* a obtenu un résultat

(1) ARDUINO. *Osservazioni chimiche sopra alcuni fossili*, Venise, 1779. — Cf. DUBRÉE. *Ann. Mines*, 1859, **16**, p. 169, où l'on trouvera encore beaucoup d'autres renseignements intéressants sur la formation de la dolomie (pp. 173, 197 et 409).

(2) HEIM. *Geol. Beschreibung des Thüringer-Waldgebirges*, 1806, **2**, (5), p. 99.

(3) L. VON BUCH. *Sur la dolomie du Tyrol*. (*Ann. Chim. Phys.*, 1823, **23**, pp. 276 et 396, et *Leonhard, Taschenb. Min.*, 1824, pp. 251, 272 et 322.)

(4) L. FRAPOLLI. *Faits qui peuvent servir à l'histoire des dépôts de gypse, de dolomie et de sel gemme*. (*Bull. Soc. géol., France*, 1847, **4**, p. 832.)

(5) J. DUROCHER. *Production artificielle de la dolomie sous l'influence de vapeurs magnésifères*. (*Compt. rend. Acad., Paris*, 1851, **33**, p. 64.)

(6) COQUAND. *Modifications éprouvées par les calcaires au contact et au voisinage des roches ignées*. (*Bull. Soc. géol., France*, 1841, **12**, p. 340.)

(7) J. D. DANA. *On the Metamorphic changes produced by heat in the associated sedimentary deposits*. (*Amer. Journ. Sc.*, 1843, **45**, p. 120.)

(8) P. DE COLLEGNO. *Bull. Soc. géol., France*, 1835, **6**, p. 111.

(9) F. VON ALBERTI. *Beitrag zu einer Monographie des bunten Sandsteins*, 1834, p. 309.

(10) A. VON MORLOT. *Ueber Dolomit und seine künstliche Darstellung aus Kalkstein*. (*Haidinger, Naturw. Abhandl.* 1847, **1**, p. 305) et *Compt. rend. Acad., Paris*, 1848, **26**, p. 311.

analogue en opérant, dans les mêmes conditions, avec le chlorure de magnésium, et *Favre* (1) a fondé sur ces expériences une hypothèse sur la formation de la dolomie, qu'il a appliquée surtout aux dolomies du Tyrol; les éruptions volcaniques auraient fourni la température nécessaire. *Sainte-Claire Deville* (2) a obtenu un produit dolomitique par l'action du chlorure de magnésium sur des fragments de craie ou de madrépores, un peu au-dessus de 100°. Enfin M. *Hoppe-Seyler* (3) a étudié l'action des divers sels de magnésium, en solution diluée, sur le carbonate de calcium; il constate que par l'action du bicarbonate de magnésium ou du sulfate et du chlorure en présence de l'acide carbonique, en tube scellé et à une température de 100 à 160°, il se forme un mélange de magnésite et de dolomie; en dessous de 100°, dans aucun de ses nombreux essais, cette réaction n'a eu lieu. Il conclut à la formation de la dolomie par voie de métamorphisme sous l'influence d'éruptions volcaniques.

D'autres savants voient dans le bicarbonate de magnésium l'agent transformateur. Ce corps changerait d'abord une partie du calcaire, par double décomposition, en carbonate neutre de magnésium, qui de son côté formerait avec le calcaire restant le sel double, la dolomie; tandis que le calcium éliminé est emporté, à l'état de bicarbonate, par l'eau. On invoque pour cette opinion les nombreuses pseudomorphoses de dolomie sur calcite, qui, évidemment, se sont formées d'une manière analogue. Le point faible de cette théorie, c'est l'origine de la magnésie en quantités suffisantes pour opérer la transformation sur une grande étendue; on a dû avoir recours, à cet effet, à des hypothèses supplémentaires, telle que l'action de sources magnésiennes, chaudes ou froides. Des opinions de ce genre ont été exprimées entre autres par *Jackson* (4), par *Nauck* (5) pour les roches de la région de Wunsiedel (Bavière); par *Hausmann* (6) pour le gisement du Hainberg, près Göttingue, par *Pfaff* (7) pour les dolomies du Jura

(1) A. FAVRE. *Sur l'origine des dolomies du Tyrol*. (Bull. Soc. géol., France, 1849, **6**, p. 318.)

(2) Ch. SAINTE-CLAIRE DEVILLE. *Sur l'action des chlorures et des sulfates alcalins et terreux dans le métamorphisme des roches sédimentaires*. (Compt. rend., Acad., Paris, 1858, **47**, p. 91.)

(3) F. HOPPE-SEYLER. *Ueber die Bildung von Dolomit*. (Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 1875, **27**, p. 495.)

(4) C. T. JACKSON. *Amer. Journ. Sc.*, 1843, **45**, p. 140.

(5) E. NAUCK. *Der Speckstein von Göpfersgrün*. (Pogg Ann., 1848, **75**, p. 150.)

(6) J. F. L. HAUSMANN. *Vorkommen des Dolomits am Hainberge bei Göttingen*. (Nachr. Ges. Wissensch. Göttingen, 1853, p. 177, et *N. Jahrb. Min.*, 1854, p. 478).

(7) F. PFAFF. *Ueber den Dolomit des fränkischen Jura und seine Bildungsweise*. (Pogg. Ann., 1851, **82**, p. 491 et 1852, **87**, p. 600.)

franconien, et par M. Barrois (1) pour celles du calcaire carbonifère des Asturies.

Un troisième groupe de savants partent du fait que le calcaire formé par les organismes renferme toujours une petite quantité de carbonate de magnésium : ordinairement de 0,5 à 1 p. c., mais quelquefois beaucoup plus (2). Ils expliquent alors la formation de la dolomie par la dissolution de l'excès du carbonate calcaire par les eaux atmosphériques, qui contiennent toujours une certaine quantité d'acide carbonique. Cette théorie a été appliquée d'abord par Grandjean (3) aux dolomies de la vallée de la Lahn, et généralisée ensuite par Bischof (4). Tout récemment M. Högbom (5) a suggéré que ce lessivage du calcaire magnésifère pourrait avoir eu lieu déjà pendant la suspension des particules calcaires dans l'eau de mer.

Mais un grand nombre de savants, se basant avant tout sur les caractères morphologiques de la roche, admettent pour la dolomie une formation sédimentaire directe, et cette opinion semble avoir gagné du terrain surtout dans ces derniers temps. Déjà en 1831 Boué (6) exprime l'opinion que de véritables dolomies sont des produits neptuniens, puisqu'elles sont coquillères et qu'elles gisent en couches horizontales sur des couches arénacées non dérangées. Plus tard, en 1854, Delanoue (7) se prononce énergiquement pour la formation directe de la plupart des dolomies.

Diverses observations viennent à l'appui de cette théorie. D'abord Moitessier (8) a vu des cristaux rhomboédriques, ayant la composition de la dolomie, se former accidentellement dans une bouteille mal bouchée d'eau minérale. D'après Girardin (9) le dépôt de la source de

(1) CH. BARROIS. *Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice*. Lille, 1882, p. 89.

(2) Voir pour la teneur en magnésie des différents organismes : DAMOUR (Bull. Soc. géol. France, 1850, 7, p. 675); FORCHHAMMER (Journ. prakt. Chem., 1850, 49, p. 52) et N. Jahrb. Min., 1852, p. 854) et HÖGBOM, (N. Jahrb. Min., 1894, 1, p. 272).

(3) GRANDJEAN. *Die Dolomite und Braunstein-Lagerstätten im unteren Lahn-Thale*. (N. Jahrb. Min., 1844, p. 543.)

(4) G. BISCHOF. *Lehrbuch der chem. u. physik. Geologie*, 1^{re} édit., 2, p. 1099; 2^{me} éd., 3, p. 52.

(5) A. G. HÖGBOM. *Ueber Dolomitbildung und dolomitische Kalkorganismen*. (N. Jahrb. Min., 1894, 1, p. 262.)

(6) A. BOUÉ. *Bull. Soc. géol. France*, 1831, 1, p. 115.

(7) J. DELANOUE. *Sur la prétendue dolomitisation des calcaires*. (Compt. rend. Acad., Paris, 1854, 39, p. 492.)

(8) A. MOITESSIER. *Proc. verb. Acad. Montpellier*, 1863, p. 18.

(9) J. GIRARDIN. *Analyse de l'eau minérale de Sainte-Allyre*. (Ann. Mines, 1837, 11, p. 457.)

Saint-Allyre, près Clermont, consiste principalement en carbonates de calcium et de magnésium. Johnston (1) cite l'exemple d'un calcaire dolomitique déposé par une source près de Neesham, sur le bord septentrional du Tees (Angleterre). Leube (2) mentionne de la craie dolomitique dans une formation d'eau douce à Dachingen, près Ulm. Coquand (3) admet une sédimentation directe pour les roches dolomitiques néocomiennes des départements des Bouches-du-Rhône, du Var et des Basses-Alpes; S. von Waltershausen (4) pour les dolomies des Alpes; Liebe (5) pour celles de la Thuringe; St. Hunt (6) pour celles de Québec; Kjerulf (7) pour celles du Dovre-Fjeld (Norwège); von Rosen (8) pour celles de la Livonie et de la Courlande; M. Gumbel (9) pour celles du Jura franconien et MM. Doelter et Hoernes (10) pour celles du Tyrol méridional.

On explique l'origine de ces roches tantôt par un simple dépôt formé par des eaux renfermant des bicarbonates (11), tantôt par précipitation à la suite d'une double décomposition de solutions calcaireuses et magnésiennes. Cordier (12) et Leymerie (13) admettent que cette précipitation ait été opérée par les carbonates alcalins, surtout par le

(1) J. F. W. JOHNSTON. *Note on the Formation of Magnesian Limestone*. (Rep. Brit. Assoc., 1853, 2, p. 42.)

(2) G. LEBE. *Geogn. Beschreibung der Umgegend von Ulm*, 1853. (N. Jahrb. Min., 1840, p. 371.)

(3) COQUAND, l. c., p. 343.

(4) W. SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN. *Ein Beitrag zur näheren Kenntnis des Dolomits in den Walliser Alpen*. (Pogg. Ann., 1855, 94, p. 115.)

(5) TH. LIEBE. *Der Zechstein des Fürstenthums Reuss-Gera*. (Zeitsch. deutsch. geol. Ges., 1855, 7, p. 435.)

(6) TH. STERRY HUNT. *Observations sur les roches magnésiennes du groupe de la rivière Hudson*. (Bull. Soc. géol., France, 1855, 12, p. 1029.)

(7) TH. KJERULF. *Nyt Magaz. f. Naturvid.*, 1857, 9, p. 265.

(8) F. VON ROSEN, d'après ZIRKEL, *Lehrbuch der Petrographie*, 1866, 1, p. 144.

(9) W. VON GUMBEL, d'après DOELTER et HOERNES (voir note suivante), p. 308.

(10) C. DOELTER et R. HOERNES. *Chemisch-geometische Betrachtungen über Dolomit*. (Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. Wien, 1875, 25, p. 293.)

(11) Ainsi p. e. M. A. JOHNSTONE (Transact. Geol. Soc. Edinburgh, 1890, 6, p. 99) admet que la dolomie se soit formée par le dépôt des carbonates calcaïque et magnésien, apportés dans la mer par les rivières, à cause de la moindre solubilité de ces carbonates dans l'eau salée. Si cette hypothèse était vraie, on devrait observer une formation continue de dolomie à l'embouchure de tous les fleuves.

(12) L. CORDIER. *De l'origine des roches calcaires qui n'appartiennent pas au sol primordial*. (Compt. rend. Acad., Paris, 1861, 54, p. 293.)

(13) A. LEYMERIE. *De l'origine et du mode de formation du calcaire et de la dolomie*. (Mém. Acad. Toulouse, 1864, p. 307) et *Éléments de minéralogie et de géologie*, 1861, p. 358.)

carbonate sodique, dans des mers chargées de chlorures de calcium et de magnésium. *Scheerer* (1), comme beaucoup d'autres des auteurs cités, est d'avis que ce sont, au contraire, des sources riches en magnésie et en acide carbonique, qui auraient précipité la chaux renfermée dans l'eau de mer, tandis que *Forchhammer* (2) admet, pour la dolomie de Faxö (Seeland), que cette précipitation a eu lieu par des sources calcaireuses agissant sur les sels magnésiens de l'eau de mer. Cet auteur, ainsi que MM. *Dana* (3), *von Richthofen* (4) et *Högbom* (5), croient, en outre, que des organismes sécrétant de la magnésie, animaux ou végétaux, ont joué un grand rôle dans la formation des roches dolomitiques.

Enfin MM. *St. Hunt* (6) et *Pfaff* (7), ayant obtenu, par des essais de laboratoire, de la dolomie artificielle, ont émis des hypothèses sur la formation de cette roche. Mais je ne crois pas que les conditions de leurs expériences puissent se réaliser dans la nature; je n'entre donc pas dans les détails de ces théories.

DIFFICULTÉS DE LA QUESTION.

Des différents modes de formation de la dolomie que je viens d'exposer, l'un ou l'autre peut bien avoir eu lieu dans certains cas. Il y a, sans doute, des roches dolomitiques déposées par des sources, et d'autres formées par l'action d'eaux magnésiennes sur le calcaire. Mais ces formations ne se rencontrent que d'une manière tout à fait locale. Même la théorie de *Bischof*, qui compte probablement encore le plus d'adeptes, ne saurait s'appliquer à tous les gisements de la roche en question. Les dolomies formées par l'altération du calcaire dolomitique montrent en général un aspect tout à fait poreux (*Cargneule*) et se désagrègent même souvent complètement en grains sableux (*Cendres dolomitiques*). Pour expliquer de cette manière la formation des

(1) TH. SCHEERER : *Beiträge zur Erklärung der Dolomitbildung*, etc. (N. Jahrb. Min., 1866, p. 1.)

(2) G. FORCHHAMMER : *Beiträge zur Bildungsgeschichte des Dolomits*. (Journ. prakt. Chem., 1850, 49, p. 52; N. Jahrb. Min., 1852, p. 854; Quart. Journ. Geol. Soc. London, 1850, 6, p. 52.)

(3) J. D. DANA, *l. c.*, p. 141.

(4) F. VON RICHTHOFEN : *Geogn. Beschreibung der Umgebung von Predaazzo*, etc. Gotha, 1860, p. 297.

(5) A. G. HÖGBOM, *l. c.*

(6) T. STERRY HUNT. *Am. Journ. Sc.*, 1866, 42, p. 66.

(7) F. W. PFAFF : *Beiträge zur Erklärung über die Entstehung des Magnesits und Dolomits*. (N. Jahrb. Min. Beilagebd. 9, 1894, p. 485.)

dolomies compactes, *Bischof* était forcé d'admettre une recristallisation complète de la masse poreuse en une roche massive, qui n'a été observée nulle part avec certitude, au moins sur une grande échelle. En outre, les dolomies poreuses sont généralement accompagnées de couches argileuses et ferrugineuses, souvent métallifères, qui représentent, sans aucun doute, le résidu de bancs calcaires dissous. Ces couches d'argile ferrugineuse semblent manquer, d'une manière générale, aux dolomies massives. Enfin, si l'énorme excès de carbonate de calcium dans les calcaires dolomitiques avait été enlevé par dissolution, il devrait y avoir une perte de substance et, en conséquence, un abaissement de niveau considérable, dont on ne trouve nulle trace pour les dolomies compactes.

La principale difficulté d'une explication satisfaisante de la formation de la dolomie se résume évidemment dans la question suivante : D'où viennent les énormes quantités de magnésie, nécessaires pour la transformation du calcaire en dolomie ? La supposition qu'elles aient été apportées par des sources magnésiennes, provenant par exemple de la décomposition de roches volcaniques, est déjà en elle-même — abstraction faite des conditions secondaires de cette action — tellement hypothétique, qu'il est difficile de l'admettre. D'un autre côté, l'eau de mer nous fournit une source presque inépuisable de sels de magnésie, mais elle contient ce corps à l'état de sulfate et de chlorure, et comment ces sels peuvent-ils agir sur le calcaire, puisque à la température ordinaire c'est plutôt la réaction inverse qui a lieu ? Car, d'après *Mitscherlich* (1), à cette température, le carbonate de magnésium est décomposé par une solution de gypse et transformé en carbonate calcique. Il est vrai que M. *St. Hunt* (2) n'a pas observé d'action d'une solution de gypse sur la dolomie en poudre ; mais je me suis assuré par des essais particuliers que cette réaction a lieu, quoique d'une manière peu intense (3).

Malgré cette difficulté, divers auteurs ont formellement exprimé l'avis que la source de la magnésie des roches dolomitiques doit être cherchée dans l'eau de mer. Ainsi, par exemple, MM. *Doelter* et

(1) E. MITSCHERLICH, *Lehrbuch der Chemie*, 1835, 2, p. 129.

(2) T. STERRY HUNT, *l. c.*, p. 60.

(3) J'ai filtré lentement et à plusieurs reprises, sur de la dolomie en poudre fine, composée de 55,7 p. c. de carbonate de calcium et de 44,7 p. c. de carbonate de magnésium, une solution saturée de sulfate de calcium. Après avoir répété cette filtration dix fois, j'ai trouvé dans 100 c. c. de la solution 0,0038 gr. de magnésie (= 0,008 gr. de carbonate), et après vingt répétitions, la quantité de cette base était de 0,0067 gr. (= 0,014 gr. de carbonate).

Hoernes (1), qui cependant ne se prononcent pas sur la modalité de cette réaction; ainsi, encore, M. *Hoppe-Seyler* (2), qui invoque, pour expliquer la haute température, l'action volcanique. Mais une température de plus de 100° paraît difficilement réalisable pour l'eau de mer; en outre, on ne découvre souvent aucune trace de volcanisme dans le voisinage des dolomies.

IMPORTANCE DE QUELQUES OBSERVATIONS ANCIENNES

Les faits qui, pour moi, sont d'une importance fondamentale pour la solution du problème qui nous occupe sont les suivants :

1° La dolomie typique, c'est-à-dire la roche massive, non stratifiée, se trouve très souvent sous la forme de récifs coralliens (3), et ce sont alors toujours les atolls qui montrent la dolomitisation la plus complète.

(1) C. DOELTER et R. HOERNES : *l. c.*, p. 332.

(2) F. HOPPE-SEYLER : *l. c.*, p. 520.

(3) Cfr. R. LANGENBECK : *Die Theorien über die Entstehung der Koralleninseln und Korallenriffe*, Leipzig, 1890, pp. 87 et suiv. Rappelons en quelques mots la manière dont les récifs coralliens se forment de nos jours, telle qu'elle a été établie surtout par les observations de C. DARWIN (*On the structure and distribution of Coral Reefs*, London, 1842) et J. D. DANA (*Corals and Coral Islands*, London, 1875). En raison des conditions toutes spéciales que nécessite la croissance des coraux, ces récifs affectent surtout deux formes : 1° la forme de remparts le long des continents ou des grandes îles, soit que ces remparts bordent directement la côte et en forment la plage : *récifs frangeant*; soit qu'ils soient séparés de la côte par un chenal plus ou moins large et plus ou moins profond : *récifs barrières*. La seconde forme des récifs coralliens est celle de véritables îles. Ces îles coralliennes, ou *atolls*, présentent toujours une forme particulière. Par suite de la croissance plus considérable des coraux vers l'extérieur des récifs, où ces organismes trouvent plus de nourriture, le bord externe de ces îles est toujours plus élevé que la partie centrale, et cette dépression intérieure est ordinairement remplie d'eau, formant ainsi un lac plus ou moins étendu, que l'on appelle la *lagune*. On peut donc dire qu'un atoll n'est autre chose qu'un récif annulaire; il peut être entouré, ou non, d'un récif barrière.

Quant aux lagunes, elles sont ordinairement en communication directe avec la mer, soit par des chenaux à travers le bord extérieur, soit par le fait que ce bord est généralement plus bas et immergé du côté opposé à la direction du vent dominant. Mais il arrive aussi que ces lagunes sont complètement fermées et sans communication avec l'océan, du moins pendant la marée basse. Dans ce cas, surtout dans les lagunes de moindre étendue, l'eau de mer peut s'y chauffer à une haute température et se concentrer à un tel degré, qu'elle commence à déposer des cristaux de sel gemme et de gypse; elle peut même s'y évaporer entièrement (DANA, *l. c.*, pp. 148 et 248).

Tel est le cas, pour ne citer que les exemples les plus connus, pour les dolomies du Zechstein de la Thuringe, décrites par *Liebe* (1). Le même cas se présente pour les célèbres dolomies triasiques du Tyrol méridional, dont l'origine corallienne a été démontrée par *von Richthofen* (2); ce savant insiste expressément sur le fait, inexplicable pour lui, que ce sont les atolls qui sont composés de dolomie, tandis que les récifs barrières sont formés de calcaire dolomitique. Il en est de même enfin des dolomies devoniennes et carbonifères de l'Ardenne, dont l'origine corallienne a été mise en évidence par M. *Dupont* (3); les affleurements que ce savant a appelés l'atoll de Roly, montrent d'une manière tout à fait marquante la dolomitisation à la partie centrale de certains récifs.

2° *Dana* (4) rapporte que l'île corallienne émergée de Metia (ou Matea), une des îles Touamotou dans l'Océan Pacifique, est composée à l'intérieur, c'est-à-dire dans la partie lagunaire, de dolomie contenant jusqu'à 38 p. c. de carbonate de magnésium, tandis que les coraux de la même île ne contiennent que des traces de cette substance. Il en conclut qu'il y a eu, dans ce cas, une introduction de magnésie dans le calcaire par l'eau de mer, probablement concentrée dans une lagune fermée; il croit que cette réaction s'est faite à la température ordinaire.

3° Déjà *Dana* (5) avait émis l'opinion que le carbonate calcique des coraux, à cause de sa dureté, n'est peut-être pas de la calcite, mais bien de l'aragonite. *Sorby* (6), à la suite de nombreuses recherches sur

La configuration des atolls devient quelquefois beaucoup plus compliquée par la réunion d'un grand nombre de petits récifs annulaires en un seul système qu'on pourrait appeler un *atoll composé*: les îles Maldives, notamment, nous en fournissent de nombreux exemples. *DANA* (*l. c.*, p. 154) les décrit comme suit: « Leur caractère propre consiste dans la présence de petits récifs annulaires à l'intérieur d'un large atoll; les petites îles qui composent le récif extérieur, ainsi que les îlots qui se trouvent à l'intérieur de la lagune, sont formés par de petits récifs annulaires, chacun ayant son propre petit lac.

(1) TH. LIEBE: *Chemische und geognostische Untersuchungen über den Zechstein des Orla-Thales*. (N. Jahrb. Min., 1853, p. 769), et *Das Zechsteinriff von Köstritz*. (Zeitsch. deutsch. geol. Ges., 1857, 9, p. 420.)

(2) F. VON RICHTHOFEN, *l. c.*, pp. 293 et suiv. Cfr. en outre E. MOJSISOVICS VON MOJSVAR: *Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien*. Wien, 1879, pp. 481 et suiv.

(3) E. DUPONT: *Les îles coralliennes de Roly et de Philippeville*. (Bull. Musée d'Hist. Nat. Belgique, 1882, 1, p. 89), et *Sur l'origine des calcaires devoniens et carbonifères de la Belgique* (Bull. Acad. Belgique, 1881, 2, p. 264 et 1883, 5, p. 211.)

(4) J. D. DANA: *Corals and Coral Islands*. London, 1875, p. 307.

(5) J. D. DANA, *l. c.*, p. 74; cfr. B. SILLIMAN Jr., *Amer. Journ. Sc.*, 1846, 1, p. 191.

(6) H. C. SORBY, *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, 1879, 35, Proc., p. 60.

la nature du carbonate de calcium sécrété par les différents organismes, se basant surtout sur le poids spécifique, arrive à la même conclusion. Puisque cette espèce minérale montre des propriétés tout autres que la calcite, j'ai cru pouvoir m'expliquer par ce fait l'insuccès des chimistes, quand ils ont voulu démontrer, par des expériences de laboratoire, la formation de la dolomie, en opérant sur la calcite au lieu de l'aragonite. Quelques essais préliminaires, faits avec cette dernière substance, et dont j'ai rendu compte dans ma communication du 30 octobre 1894, avaient fourni un résultat favorable : j'avais obtenu, en effet, par l'action d'une solution concentrée de sel marin, contenant du chlorure et du sulfate de magnésium, sur l'aragonite en poudre fine, un produit carbonaté renfermant des quantités considérables de magnésie. Il s'agissait donc : 1° de rechercher quelles sont les substances qui participent principalement à cette réaction nouvelle, et quelles sont les conditions les plus favorables à sa réussite, 2° de déterminer la nature exacte du produit formé, et 3° d'examiner si cette réaction peut avoir lieu sur une grande échelle dans la nature.

NOUVELLE RÉACTION DE L'ARAGONITE.

Pour résoudre le premier problème, je procédai de la manière suivante : dans un petit ballon en verre d'Iéna, légèrement bouché, environ 0,5 gr. d'aragonite en poudre fine furent additionnés d'à peu près 1,25 gr. de sulfate de magnésium cristallisé (c'est-à-dire de la quantité nécessaire pour sa transformation complète en carbonate magnésien) et de 10 c. c. d'une solution saturée de chlorure de sodium et chauffée ensuite, dans une étuve d'Arsonval, pendant un temps déterminé, à une température constante. Le contenu du ballon fut alors recueilli sur un filtre et lavé à l'eau chaude jusqu'à l'élimination complète du sulfate calcique qui s'était formé (1). Ce lavage, à cause du peu de solubilité de ce sulfate, dura quelquefois assez longtemps ; d'après ce qui a été dit plus haut de l'action d'une solution de gypse sur le carbonate magnésien, il n'est pas tout à fait impossible qu'une petite quantité de carbonate de calcium se soit reformée pendant cette opération, et que la teneur en magnésie trouvée soit en conséquence quelque peu inférieure à la quantité réellement formée.

Du résidu bien lavé à l'eau chaude, j'employai environ 0,2 gr.

(1) M. R. BRAUNS (*N. Jahrb. Min.*, 1894, 2, p. 257) a montré que, dans une solution saturée de sel marin, le sulfate de calcium se dépose à l'état d'anhydrite, qui au contact de l'eau, se transforme en gypse.

séché à 110° , pour le dosage de la magnésie, qui fut calculée en carbonate neutre. Des quantités qui ne donnaient qu'environ 1 mgr. ou moins de pyrophosphate, sont renseignées, dans les résultats suivants, comme *traces*. L'aragonite employée pour ces essais est la variété bien connue de Herrengrund (Hongrie) en cristaux tout à fait incolores et limpides.

Il est à remarquer pour cette manière d'opérer que le volume du liquide, renfermé dans le petit ballon, bouché non hermétiquement, diminuait peu à peu, en déposant des cristaux de sel gemme, surtout quand ces essais furent faits à de hautes températures et continués pendant un temps considérable, de sorte que la concentration était quelque peu variable. Par contre, le procédé employé répond bien aux conditions de pression ordinaires. Quand il importait de travailler à une concentration tout à fait constante, les substances mises en action furent enfermées dans des tubes, scellés, en verre de Bohême.

I. Action du sulfate de magnésium sur l'aragonite; influence de la température.

1. De 50 à 55° , même après 10 jours de traitement, il ne s'était formé que des traces de carbonate de magnésie.

2. A la température de 62° , l'aragonite contenait, après un traitement de 4 jours, seulement des traces de magnésie; après 5 jours 0,2203 gr. de résidu donna 0,0037 gr. de pyrophosphate de magnésium, ce qui répond à **1,3** p. c. de carbonate.

3. A 68° , après un traitement de 48 heures, 0,2535 gr. de résidu donna 0,0034 gr. de pyrophosphate, = **1** p. c. de carbonate; après 96 heures, 0,2193 gr. de résidu donna 0,0190 gr. de pyrophosphate, = **6,6** p. c. de carbonate.

4. A 72° , après 24 heures de traitement, 0,2418 gr. de résidu donna 0,0054 gr. de pyrophosphate, = **1,7** p. c. de carbonate; après 67 heures, 0,2399 gr. de résidu donna 0,0310 gr. de pyrophosphate, = **9,8** p. c. de carbonate, et après 95 heures, 0,2626 gr. de résidu donna 0,0432 gr. de pyrophosphate, = **12,4** p. c. de carbonate.

5. A 77° , après 24 heures de traitement, 0,2165 gr. de résidu donna 0,0060 gr. de pyrophosphate, = **2,1** p. c. de carbonate; après 48 heures, 0,2289 gr. de résidu donna 0,0365 gr. de pyrophosphate, = **12,1** p. c. de carbonate, et après 72 heures, 0,2147 gr. de résidu donna 0,0423 gr. de pyrophosphate, = **14,9** p. c. de carbonate.

6. A 89° , après un traitement de 20 heures, 0,2373 gr. de résidu donna 0,0757 gr. de pyrophosphate, = **24,1** p. c. de carbonate.

7. A 90° , après 68 heures de traitement, 0,2133 gr. de résidu donna 0,1072 gr. de pyrophosphate, = **38** p. c. de carbonate, et après 140 heures, 0,2160 gr. de résidu donna 0,1085 gr. de pyrophosphate, = **38** p. c. de carbonate.

8. Pour voir si l'aragonite d'une autre provenance donne les mêmes résultats, les trois essais suivants furent faits sur un cristal d'aragonite de Bohême. A 91° , après un traitement de 48 heures, 0,2147 gr. de résidu donna 0,0981 gr. de pyrophosphate, = **34,6** p. c. de carbonate; après 96 heures, 0,2270 gr. de résidu donna 0,1230 gr. de pyrophosphate, = **41** p. c. de carbonate, et après 144 heures, 0,2265 gr. de résidu donna 0,1244 gr. de pyrophosphate, = **41,5** p. c. de carbonate.

9. L'essai suivant fut fait dans un tube scellé, plongeant dans l'eau bouillante; pour être sûr qu'à cette haute température et à la pression correspondante, la solution fût saturée de chlorure de sodium, un gramme de cette substance fut encore ajouté à l'état solide. Après avoir chauffé pendant environ 10 heures, 0,2210 gr. de résidu donna 0,0715 gr. de pyrophosphate, = **24,5 p. c.** de carbonate.

Il résulte de cette série d'essais qu'à partir d'environ 60° le sulfate de magnésium, en présence d'une solution saturée de sel marin, agit sur l'aragonite en la transformant en carbonate magnésien, de telle manière que la quantité de ce carbonate augmente avec la température et la durée du traitement. Il semble, en outre, que, pour chaque température, il existe un maximum de produit formé; à 91° ce maximum est d'environ 42 p. c. de carbonate de magnésium. Il est à remarquer que ce chiffre se rapproche d'une manière frappante de la teneur en carbonate magnésien de la dolomie normale (45,7 p. c.).

II. Action du sulfate de magnésium sur l'aragonite; influence de la concentration.

10. Dans cet essai, j'ajoutai, au lieu de 10 c. c. de solution saturée de sel marin, seulement 5 c. c. de cette solution et 5 c. c. d'eau. Après 20 heures de traitement à 89°, 0,2372 gr. de résidu donna 0,0052 gr. de pyrophosphate de magnésium, = **1,7 p. c.** de carbonate (cfr. essai n° 6).

11. Pour les trois essais suivants on ajouta à la quantité ordinaire d'aragonite et de sulfate de magnésium 20 c. c. de solution saturée de sel marin. Après 46 heures de traitement à 90°, 0,2309 gr. de résidu donna 0,0057 gr. de pyrophosphate, = **1,9 p. c.** de carbonate; après 72 heures, 0,2328 gr. de résidu donna 0,0191 gr. de pyrophosphate, = **6,2 p. c.** de carbonate, et après 96 heures, *quand le volume du liquide s'était déjà considérablement réduit*, 0,1903 gr. de résidu donna 0,0571 gr. de pyrophosphate, = **22,7 p. c.** de carbonate (cfr. essais n° 7)

12. Pour travailler à une concentration absolument constante, les deux essais suivants furent faits dans des tubes scellés, plongés dans l'eau bouillante pendant environ 10 heures. En ajoutant aux 10 c. c. de solution saturée de sel marin 1 c. c. d'eau, 0,2333 gr. de résidu donna 0,0247 gr. de pyrophosphate, = **8 p. c.** de carbonate, et en remplaçant les 10 c. c. de la solution saturée de sel marin par 5 c. c. de cette solution et 5 c. c. d'eau, 0,2100 gr. de résidu donna 0,0016 gr. de pyrophosphate, = **0,6 p. c.** de carbonate (cfr. essais n° 9).

Il s'ensuit de cette seconde série d'essais que la concentration a une très grande influence sur la réaction étudiée: L'addition de 1 c. c. d'eau à 10 c. c. de la solution saturée de sel marin rabaisse, en effet, la teneur en carbonate magnésien du produit formé de 24,5 p. c. (voir n° 9) à 8 p. c., et par l'addition de 5 c. c. d'eau à 5 c. c. de solution saturée de chlorure de sodium, ce chiffre descend même jusqu'à 0,6 p. c.

13. Pour les deux essais suivants, les quantités de toutes les substances entrant en réaction furent dédoublées, c'est-à-dire on employa environ 1 gr. d'aragonite, 2,5 gr. de sulfate de magnésium cristallisé et 20 c. c. de solution de sel marin. Après 48 heures de traitement à 91° , 0,2879 gr. de résidu donna 0,0038 gr. de pyrophosphate, = 1 p. c. de carbonate, et après 96 heures, 0,3081 gr. de résidu donna 0,0047 gr. de pyrophosphate, = 1,2 p. c. de carbonate (cfr. essais n° 8).

Ce n'est donc pas la concentration seule, c'est-à-dire la quantité *relative* des substances employées, mais encore le volume *absolu* du liquide, qui est de la plus haute importance pour cette réaction, de telle sorte que, si ce volume dépasse un certain maximum, la réaction n'a plus lieu que d'une manière tout à fait insignifiante. Ce maximum sera variable suivant les circonstances; dans nos essais il est compris entre 10 et 20 c. c. Nous pouvons nous expliquer ce fait de la manière suivante : La réaction tend d'abord à établir dans la solution un certain équilibre chimique, déterminé par la masse des substances dissoutes. Si le volume du liquide est tellement réduit qu'une de ces substances — dans notre cas le sulfate de calcium — n'est plus entièrement soluble et commence à se précipiter, l'équilibre est rompu et il y aura formation nouvelle de ce corps jusqu'à ce que l'équilibre du système hétérogène entier soit atteint. Je me propose d'étudier encore de plus près, sous ce rapport, cette intéressante réaction et de voir surtout, s'il est possible d'en déterminer les lois numériques.

III. Action du sulfate de magnésium sur l'aragonite en l'absence du chlorure de sodium.

14. 0,5 gr. d'aragonite fut additionnée de 1,25 gr. de sulfate de magnésium cristallisé et de 3 c. c. d'eau et chauffée, pendant 24 heures, à 90° ; on y ajouta encore 2 c. c. d'eau et chauffa de nouveau pendant le même temps; 0,2105 gr. de résidu donna alors 0,0355 gr. de pyrophosphate de magnésium, = 12,8 p. c. de carbonate.

15. Le même essai fut fait en ajoutant directement 4 c. c. d'eau et en chauffant ensuite à 90° pendant 48 heures; 0,2095 gr. de résidu donna 0,0521 gr. de pyrophosphate, = 18,8 p. c. de carbonate (cfr. essais n° 8).

Le sulfate de magnésium seul, en solution très concentrée, agit donc aussi sur l'aragonite, mais d'une manière moins considérable qu'en présence du sel marin. Celui-ci a donc dans ce cas, comme dans les essais bien connus de MM. *Spring* et *Lucion* (1) sur la déshydratation de l'hydrate de cuivre, un effet comparable à celui d'une élévation de température.

(1) W. SPRING et M. LUCION : *Sur la déshydratation, au sein de l'eau, de l'hydrate de cuivre*, etc. (Bull. Acad. Belgique, 1892, 24, p. 50.)

IV. Action du chlorure de magnésium sur l'aragonite.

Dans les essais suivants le sulfate de magnésium fut remplacé par la quantité équivalente de chlorure cristallisé (environ 1 gr.); pour le reste on opéra comme il est expliqué plus haut.

16. Après avoir chauffé le mélange, pendant 95 heures, à **72°**, 0,2334 gr. de résidu donna 0,0013 gr. de pyrophosphate de magnésium, = **0,4** p. c. de carbonate (cfr. essais n° 4).

17. A **77°** et après 48 heures de traitement 0,2288 gr. de résidu donna 0,0021 gr. de pyrophosphate, = **0,7** p. c. de carbonate (cfr. essais n° 5).

18. Pour voir, si même dans un volume de liquide très réduit, le chlorure de magnésium n'agit pas sur l'aragonite d'une manière un peu plus considérable, on employa au lieu de 10 c. c. seulement 3 c. c. de solution saturée de sel marin. A **91°** et après un traitement de 24 heures, 0,2525 gr. de résidu donna 0,0051 gr. de pyrophosphate, = **1,5** p. c. de carbonate; et après 48 heures de traitement, 0,2545 gr. de résidu donna 0,0077 gr. de pyrophosphate, = **2,3** p. c. de carbonate (cfr. essais n° 8).

Il résulte de ces essais que l'action du chlorure de magnésium, même en solution très concentrée et de peu de volume, sur l'aragonite est incomparablement inférieure à celle du sulfate. Cela confirme ce que j'ai dit plus haut pour expliquer l'influence du volume du liquide, puisque, dans ce cas, il ne se forme point de sel peu soluble.

V. Action du sulfate de magnésium sur la calcite.

Dans ces essais l'aragonite fut remplacée par le spath d'Islande en poudre fine; on procéda, pour le reste, comme avant.

19. A **100°**, après 10 heures de traitement en présence d'un excès de sel marin solide, il ne s'était formé que des traces de carbonate de magnésium (cfr. essai n° 9).

20. A environ **80°**, après un traitement de 48 heures, 0,2685 gr. de résidu donna 0,0020 gr. de pyrophosphate, = **0,6** p. c. de carbonate (cfr. essais n° 5).

21. A **90°** et après 48 heures de traitement, 0,2502 gr. de résidu donna 0,0054 gr. de phosphate, = **1,6** p. c. de carbonate (cfr. essais n° 8).

La calcite en poudre fine et en présence d'une solution saturée de chlorure de sodium, n'est donc pas tout à fait inattaquable par le sulfate de magnésium, mais l'action de ce corps sur la calcite est beaucoup moins énergique que sur l'aragonite.

VI. Action du sulfate de magnésium sur les coraux.

Des fragments de coraux, réduits en poudre fine, furent traités de la même manière que l'aragonite. Les coraux qui servirent à ces essais et que je dois à l'obligeance de M. *Van den Broeck*, furent rapportés de l'île de Saint-Thomas par M. Purves; ils ne contenaient que de 0,3 à 0,4 p. c. de carbonate de magnésium.

22. *Madrepora prolifera*. Après un traitement de 46 heures à 90°, 0,2226 gr. de résidu donna 0,1133 gr. de pyrophosphate de magnésium, = 38,5 p. c. de carbonate.

23. *Madrepora humilis*. A 90° et après 47 heures de traitement, 0,1954 gr. de résidu donna 0,1070 gr. de pyrophosphate, = 41,4 p. c. de carbonate.

24. *Stylophora digitata* (?). A la même température et après un traitement de 46 heures et demie, 0,2028 gr. de résidu donna 0,1124 gr. de pyrophosphate, = 41,9 p. c. de carbonate (cfr. essai n° 8).

Il s'ensuit de ces essais que le carbonate calcique des coraux se comporte, au point de vue chimique, tout à fait de la même manière que l'aragonite. Il en résulte une preuve nouvelle et décisive de l'identité de ces deux substances qui, jusqu'ici, fut plutôt soupçonnée que prouvée par la dureté et le poids spécifique.

NATURE CHIMIQUE DU PRODUIT FORMÉ.

Quant à la seconde partie de notre problème, la détermination exacte de la nature chimique du produit formé, elle présente certaines difficultés, qui proviennent surtout de ce que nous n'avons pas de moyen bien sûr pour séparer le corps nouveau de l'aragonite non altérée. Les moyens employés généralement pour la séparation des carbonates calcique et magnésien, les acides dilués, refusent dans ce cas leur service, d'autant plus que l'aragonite, comme l'a déjà démontré *G. Rose* (1), est encore moins soluble dans les acides que la calcite et se rapproche en conséquence de la dolomie. D'ailleurs aucun des carbonates magnésifères naturels, ni la dolomie, ni même la magnésite, n'est complètement insoluble dans l'acide chlorhydrique ou acétique dilués. Leur solubilité dépend plutôt de la finesse du grain de la poudre employée, de sorte que dans l'acide acétique à 8 p. c. et dans l'acide chlorhydrique à 1 p. c., à la température ordinaire et après peu de temps (5 à 10 minutes), et la dolomie et la magnésite se dissolvent en

(1) *G. ROSE : Ueber die heteromorphen Zustände der kohlensäuren Kalkerde.* (Abhandl. K. Akad. Wiss. Berlin, 1856, p. 13.)

quantités assez considérables, comme je m'en suis assuré par des essais particuliers. Il est donc impossible de tirer des conclusions sur la nature chimique d'un carbonate magnésifère du fait qu'il est plus ou moins soluble dans les acides dilués. Mais il sera permis, en comparant la composition chimique de la partie soluble à celle de la partie insoluble, de conclure, si la substance en question est homogène ou non.

En essayant de séparer, par les acides dilués, le carbonate de magnésium formé dans les divers essais précédemment décrits, quelques grains plus gros d'aragonite non altérée résistèrent plus longtemps aux dissolvants que le carbonate nouveau, ce qui s'explique par la finesse de son grain. Sous le microscope il se montre, en effet, composé de granules excessivement petits, pour lesquels aucune forme cristalline nette ne put être observée.

J'essayai alors de produire de l'aragonite artificielle d'après le procédé de G. Rose (1), en précipitant à chaud une solution de carbonate d'ammoniaque par une solution chaude de chlorure de calcium, et j'obtins, en effet, un produit à grains très fins, qui en peu de temps était complètement soluble dans les acides dilués. Avec ce produit un certain nombre d'essais furent faits sur une échelle un peu plus considérable. Environ 5 à 10 grammes de cette aragonite artificielle furent additionnés de la quantité correspondante de sulfate de magnésium et de 20 à 50 c. c. de solution saturée de sel marin; le tout fut alors chauffé pendant 2 à 3 jours, dans une capsule en platine couverte, à 90°, lavé ensuite sur un filtre par l'eau chaude, séché et traité enfin par un excès d'acide acétique à 8 p. c. La solution acétique contenait alors, à côté et beaucoup de chaux, toujours une certaine quantité de magnésie, sur la nature de laquelle nous ne sommes point fixés. Le résidu insoluble dans l'acide acétique, dans lequel se montraient au microscope un grand nombre de petits rhomboédres à contours très nets, fut soumis à l'analyse quantitative. Il se montra formé par un carbonate de magnésium avec très peu de calcium, contenant l'acide carbonique et les bases dans la relation du sel neutre, mais renfermant en outre, même séché à 150 ou 160°, une certaine quantité d'eau. Voici la composition d'un de ces produits, avec lequel les autres concordent assez bien.

Environ 1,8 gr. de résidu insoluble dans l'acide acétique fut encore traité par l'acide chlorhydrique à 1 p. c.; de cette manière 0,018 gr. de chaux et 0,3873 gr. de magnésie entrèrent en solution. 0,5939 gr. de résidu insoluble dans l'acide chlorhy-

(1) G. ROSE, *Ueber die Bildung des Kalkspaths und Aragonits* (Pogg. Ann. 1837, 42, p. 358).

drique, séché à 110°, donna 0,2939 gr. d'acide carbonique (déterminé dans l'appareil de *Ludwig*), 0,0074 gr. de chaux et 0,7324 gr. de pyrophosphate de magnésium. 0,25 gr. du même résidu, chauffé au rouge dans un tube en porcelaine, donna 0,0128 gr. d'eau, qui fut recueillie sur du chlorure de calcium.

De ces données on peut calculer la composition suivante du résidu analysé :

CO ₂		49,49	p. c.
CaO		1,25	»
MgO		44,43	»
H ₂ O		5,12	»
		100,29	

Le produit insoluble dans les acides acétique et chlorhydrique dilués est donc formé d'un carbonate de magnésium neutre et hydraté; c'est peut-être le sel $\text{MgCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, obtenu par *Nørgaard* (1) dans des conditions très analogues, en chauffant le carbonate de magnésium dissous dans une solution de sulfate magnésien. Il avait perdu déjà, probablement, une partie de son eau par la dessiccation, car la poudre séchée se montrait amorphe et ne laissait voir, au microscope, quelques-uns des petits rhomboèdes mentionnés qu'après avoir été traitée par l'eau. Je n'oserais pas affirmer avec certitude que ce corps est identique au carbonate obtenu par l'aragonite naturelle; du moins je n'ai jamais pu observer, dans ce dernier cas, de cristaux nettement rhomboédriques, quoique cette forme n'y soit nullement exclue. Mais de tous les essais qualitatifs que j'ai faits, il résulte assez clairement que le produit obtenu en opérant sur l'aragonite naturelle n'était pas non plus de la dolomie, mais aussi un mélange de carbonates de calcium et de magnésium.

TRANSFORMATION SECONDAIRE EN DOLOMIE.

Nous verrons plus loin à quels endroits le mélange des carbonates de calcium et de magnésium devrait se former sur une grande échelle dans la nature. Si donc à ces endroits nous trouvons à sa place de la véritable dolomie, il est évident ou que dans des conditions qui m'auraient encore échappé, ce minéral peut se former *directement*, ou que le mélange de carbonates une fois déposé peut se transformer ensuite en dolomie. Que cette transformation soit possible, les nombreuses épigénies de dolomie le prouvent; qu'elle soit probable cela résulte des considérations suivantes.

(1) Cf. *DAMMER, Handbuch d. anorg. Chemie* II, 2, p. 444.

Il est un fait connu depuis longtemps, que la dolomie possède à un très haut degré la tendance à cristalliser et à agrandir ses cristaux une fois formés : sous l'action des eaux atmosphériques la roche se désagrège même complètement en petits grains nettement rhomboédriques. M. Renard (1) a insisté particulièrement sur cette tendance et il y a trouvé un caractère distinctif entre la calcite et la dolomie pour l'examen microscopique. Il a observé des cristaux bien formés de dolomie surtout le long de fentes et autres solutions de continuité de la roche, et il en conclut à une formation *secondaire* par voie d'infiltration. Je suis d'accord avec lui pour la formation secondaire, mais si par infiltration il entend un apport de substance étrangère, par exemple de magnésie, je crois que l'on peut expliquer le fait observé d'une autre manière : aux endroits indiqués des cristaux peuvent évidemment beaucoup mieux se développer, qu'au milieu de la roche massive.

Mais ce qui témoigne, avant tout, pour la formation de la dolomie en deux phases, ce sont les observations microscopiques que M. Loretz (2) a faites sur la structure de cette roche. Dans les échantillons examinés par lui — ils provenaient surtout du Tyrol méridional et du Zechstein allemand — il a souvent observé deux éléments différents : des cristaux de dolomie de dimensions plus considérables, enchâssés dans une sorte de pâte fondamentale à grains très fins. Il désigne ces deux constituants de la roche sous les noms d'éléments macrocristallin et microcristallin, et il conclut que le premier s'est formé par unerecristallisation du second (*l. c.* 31, p. 774); il admet, en outre, qu'il doit y avoir eu, pendant quelque temps, une certaine mobilité de la masse cristalline, primitivement formée (*l. c.*, p. 771).

Qu'une transformation ultérieure des matériaux produits de prime abord ait eu lieu, cela résulte encore du fait que des organismes à test calcique, tels que crinoïdes, etc., se sont transformés, en conservant leur forme, en dolomie, ce qui ne peut avoir eu lieu que par voie d'une lente métamorphose.

Enfin le mode de formation que je viens d'indiquer, fournit l'explication des nombreuses contradictions des divers auteurs sur la nature des roches dolomitiques, qui tantôt seraient homogènes, tantôt com-

(1) A. RENARD, *Des caractères distinctifs de la dolomite et de la calcite dans les roches du calcaire carbonifère de la Belgique*. (Bull. Acad. Roy. Belgique, 1879, 47, p. 541.)

(2) H. LORETZ, *Untersuchungen über Kalk und Dolomit*. (Zeitsch. deutsch. geol. Ges. 1878, 30, p. 387 et 1879, 31, p. 756.)

posées d'un mélange de calcite et de magnésite, avec ou sans dolomie. Il est possible, en effet, que dans certains cas la transformation du mélange primitif ne se soit opérée que d'une manière restreinte, et alors la roche sera tout à fait hétérogène. Dans d'autres cas, cette transformation sera terminée; si la quantité du carbonate de magnésium était suffisante, nous aurons devant nous une dolomie normale, si non, nous trouverons une dolomie moins riche en magnésie, ou peut-être, puisque l'existence de telles combinaisons chimiques n'est pas prouvée à toute évidence, un mélange de dolomie et de calcite.

LIEUX DE FORMATION DE LA DOLOMIE.

Après avoir étudié ainsi les conditions sous lesquelles l'action du sulfate de magnésium sur l'aragonite a lieu, nous avons à nous demander si ces conditions peuvent se réaliser dans la nature, pour que la réaction puisse s'effectuer sur une grande échelle, et je n'hésite pas à répondre affirmativement à cette question. D'après ce qui précède, il faut, pour la réalisation de notre réaction, trois choses : 1° du sulfate de magnésium dans une solution saturée de sel marin, 2° de l'aragonite, et 3° une température dépassant 60°. Le sulfate de magnésium, ainsi que le chlorure de sodium, se trouvent dissous dans l'eau de mer : d'après *Forchhammer* (1), 1000 parties de cette eau renferment, en moyenne, 26,862 gr. de chlorure de sodium et 2,196 gr. de sulfate de magnésium calculé en sel anhydre. Si donc l'eau de mer peut se concentrer et agir à une haute température sur l'aragonite, nos trois conditions sont remplies; cela peut avoir lieu dans des circonstances diverses.

Le cas le plus favorable est réalisé dans les atolls à lagunes fermées. Nous avons vu plus haut que l'eau de mer peut s'y concentrer et même s'évaporer complètement. En outre, ces lagunes sont ordinairement remplies, d'après *Dana* (*l. c.*, pp. 149, 194 etc.), d'une sorte de boue formée par le détrit des coraux, c'est-à-dire d'aragonite finement pulvérisée. Il ne reste donc plus qu'à rechercher si la température y peut dépasser 60°. Des observations précises sur la température de l'eau concentrée dans les lagunes, ne semblent pas avoir été faites, mais elles ne nous sont point indispensables. Il résulte d'une des règles établies plus haut, que l'action chimique ne peut s'opérer d'une manière notable que quand le volume du liquide est déjà fortement

(1) G. FORCHHAMMER. *Philos. Transact. Roy. Soc. London*, 1865, **155**, p. 203.
Cfr. J. ROTH, *Allgem. chem. Geologie*, **1**, p. 493.

réduit, c'est-à-dire quand l'eau de mer aura déjà déposé une grande partie de son chlorure de sodium et formé avec celui-ci et l'aragonite détritique une sorte de boue cristalline, pour laquelle les conditions de l'insolation ne seront pas sensiblement différentes de celles du sol. Les coraux étant confinés aux tropiques, nous pouvons donc appliquer les valeurs de l'insolation y observées à notre cas. Des observations de ce genre ont été faites, entre autres, par M. *Pechuël-Lozsche* (1), lors de l'expédition allemande au Loango, dans la station de Tchintchotcho (5°9' sud) en 1874, 1875 et 1876. Ce savant a trouvé que, pendant la saison chaude, l'insolation du sol dépasse ordinairement 75° (avec un maximum de 84,6°) et même à 5 centimètres de profondeur, à côté de plantes en pleine végétation, il a observé des valeurs allant jusqu'à 69°. Il sera donc permis d'en conclure que dans les lagunes, formées et entourées par la roche nue des coraux, quand l'eau s'y est évaporée presque à siccité, la température peut largement dépasser 60°. Les trois conditions susmentionnées sont donc remplies, et nous trouvons, en effet, dans ce cas, la dolomie sous sa forme la plus caractéristique, en roche massive, non stratifiée. Il est à supposer que les matériaux dolomitiques, formés dans les lagunes et non encore solidifiés, peuvent être entraînés par les vagues, pendant de grosses tempêtes par exemple, et donner ainsi lieu à la formation de dépôts dolomitiques en dehors des lagunes.

Les conditions nécessaires pour la réalisation de notre réaction peuvent encore être remplies ailleurs. D'abord des bassins fermés, où l'eau de mer se concentre, peuvent se former entre les récifs barrières et la côte; les coraux des récifs fourniront encore de l'aragonite en quantité prépondérante.

En dernier lieu, des bras de mer sur des côtes basses, peuvent se séparer du plein océan et réaliser ainsi les conditions nécessaires pour la formation de la dolomie. Car il y a encore, outre les coraux, d'autres organismes qui sécrètent de l'aragonite : ce sont, d'après *Sorby* (2), la plupart des Céphalopodes et des Gastropodes, beaucoup de bivalves, etc.; seulement ces animaux ne vivent plus en colonies presque exclusivement formées par eux, comme les coraux, mais en communauté avec des organismes à test calcaire. L'aragonite ne sera donc plus fournie en quantité prépondérante, et les roches formées dans ce cas seront plutôt des calcaires dolomitiques que des dolomies.

(1) E. PECHUËL-LOESCHE, dans : *Die Loango-Expedition*, Leipzig, 1882, 3, pp. 63 et suiv.

(2) H. C. SORBY, *l. c.*, p. 60.

Les roches dolomitiques déposées en bancs lenticulaires semblent avoir pris naissance dans ces conditions. Des roches de cette nature ont été décrites, par exemple, par *Liebe* (1), dans la principauté de Reuss; cet auteur insiste particulièrement sur le fait que ces roches doivent s'être formées sur des côtes basses et dans des baies de mer tranquilles et encloses (*l. c.*, pp. 431 et 435).

Enfin on peut admettre que des dolomies, formées de l'une ou de l'autre des manières indiquées, peuvent être, après coup, détruites complètement ou partiellement, par abrasion ou par érosion, et avoir fourni ainsi des matériaux pour la formation des roches dolomitiques stratifiées.

CONCLUSIONS.

En résumé, je crois pouvoir exprimer le résultat de mes recherches comme suit : *La dolomie se forme par l'action de l'eau de mer concentrée dans des bassins fermés, et surchauffée par les rayons solaires, sur l'aragonite déposée par les organismes, de telle manière que d'abord il se produit un mélange de carbonates calcique et magnésien, qui se transforme plus tard en dolomie.* Cette transformation a peut-être lieu après la solidification de la roche, sous l'influence de l'eau d'infiltration; la contraction qui en résulterait, explique probablement l'état crevassé que l'on observe dans tant de cas. Ce mode de formation fournit en outre l'explication du fait déjà mentionné, que la dolomie est souvent accompagnée d'anhydrite ou de gypse; il fait comprendre, enfin, la composition si variable de cette roche, ainsi que l'allure si irrégulière et, pour ainsi dire capricieuse, que la dolomie affecte dans les diverses formations sédimentaires.

(1) TH. LIEBE: *Der Zechstein des Fürstenthums Reuss-Gera.* (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1855, 7, p. 406.)



ÉTUDE CRITIQUE

SUR

L'EXTENSION DES ANCIENS GLACIERS DANS L'EUROPE OCCIDENTALE

PAR

M. Stanislas Meunier

Professeur de Géologie au Muséum de Paris.

PLANCHE I

Depuis bien des années déjà, j'ai réuni, en très grand nombre, des faits relatifs aux manifestations glaciaires que présente le sol dans tant de points de l'Europe occidentale. Il m'a semblé que ces phénomènes grandioses, dont l'interprétation a occupé beaucoup d'auteurs, pouvaient être éclairés d'une manière féconde par la considération des causes actuelles, suivant moi assez négligée jusqu'ici dans ce chapitre particulier de la géologie.

La conclusion, d'ailleurs fort étrange si on veut bien y réfléchir un moment, de la plupart de ces auteurs, c'est que l'« époque glaciaire » constituerait une singularité dans la série des époques successives. Depuis les temps les plus anciens, les conditions climatériques de la surface terrestre vont manifestement en se modifiant très progressivement et très continûment, depuis un état torride général jusqu'à la constitution des climats actuels. Et cependant la période glaciaire manifesterait un refroidissement brusque suivi d'un réchauffement très notable!

Les personnes placées à ce point de vue ont été obligées de rechercher une cause de ce refroidissement général et momentané en dehors de

l'évolution normale de la terre et les conceptions les plus bizarres se sont donné libre carrière à cette occasion.

Il existe cependant une série de faits, observés de la manière la plus rigoureuse et qui s'oppose à l'admission d'un refroidissement général comme en produirait une diminution d'éclat du soleil à la suite de l'interposition de nuages cosmiques ou tout autrement. Ces faits concernent la trouvaille, maintes fois répétée, de fossiles témoignant pour l'époque quaternaire d'une température moyenne supérieure à celle qui règne aujourd'hui dans les mêmes régions.

Il suffira à cet égard de rappeler un seul exemple, fourni par les figuiers dont on retrouve les empreintes dans le travertin quaternaire de La Celle, près Moret (Seine-et-Marne). La flore dont ces arbres faisaient partie est l'intermédiaire tout naturel entre la végétation tertiaire du nord de la France, avec les grenadiers si abondants à Meximieux, et la végétation actuelle de la même région.

On a fait à l'égard de cette coexistence des traces glaciaires et des témoins de climat chaud bien des hypothèses aussi qui conduiraient à admettre qu'il n'y a pas eu seulement un refroidissement général, mais une série de ces refroidissements séparés par des réchauffements dont la conception seule semble absolument en désaccord avec tout ce qu'on sait de la marche continue des phénomènes à toutes les autres époques géologiques.

Les observations que je me propose de résumer ici, de la manière la plus concise, s'appuient sur des remarques qui n'ont rien de nouveau et dont l'application cependant ne semble pas avoir été faite au sujet que j'ai en vue.

Tout d'abord on a la preuve que la durée des temps pendant lesquels s'est développée l'action glaciaire à la surface de l'Europe occidentale est beaucoup plus longue qu'on n'eût été tout d'abord porté à le supposer. Non seulement les grands phénomènes superficiels qui ont amené le modelé actuel de notre sol ont commencé déjà dans le Tertiaire supérieur, mais l'époque quaternaire elle-même est beaucoup plus longue qu'on ne le supposait. Il en résulte que les traces subsistant sur le sol peuvent, tout en datant de ce même âge quaternaire, n'être point du tout contemporaines au sens strict du mot. Il peut par exemple s'être écoulé des dizaines de siècles entre le moment où les Vosges étaient recouvertes de glaces et celui où les glaciers des Alpes descendaient dans la vallée du Rhône bien au-dessous de la ville de Lyon.

Si l'on admet cette possibilité on voit qu'il en résulte un tout autre régime pour l'Europe qui, au lieu d'avoir été ensevelie à un moment

donné sous un manteau de glace, a pu présenter successivement en différents points des glaciers beaucoup moins étendus. Cette vue va se préciser tout à l'heure.

Une deuxième remarque dont j'ai besoin pour étayer mes conclusions, c'est que les traces glaciaires qui nous occupent faisant partie de la série des accidents propres aux *formations continentales* ou exondées, on ne peut espérer leur appliquer avec la même facilité qu'aux dépôts stratifiés les lumières de la chronologie ordinaire. Les formations continentales, en effet, subissent les effets de la dénudation subaérienne en même temps qu'elles peuvent s'accroître; elles ne persistent que par leurs éléments les plus résistants et elles peuvent s'accumuler en grand nombre sur le même point sans augmenter sensiblement d'épaisseur. Si la cause qui leur a donné naissance et qui par hypothèse agissait successivement en différents points vient à disparaître, elles acquièrent bientôt dans ces localités diverses des caractères sensiblement uniformes qui peuvent leur faire attribuer, quoique très à tort, un même âge de formation.

Ces prémisses étant posées, je considérerai d'abord un pays où, comme dans la chaîne des Vosges, une action glaciaire manifeste a complètement cessé de se faire sentir. Il suffit d'explorer une pareille région pour constater la gigantesque dénudation qu'elle a subie. Toutes les vallées sont barrées par d'énormes moraines, de vastes surfaces sont recouvertes de boue à blocs, de limons et d'autres matériaux dont l'origine est très facile à retrouver dans les hauteurs, et si on ajoute par la pensée à cette colossale masse de terrain erratique et de transport la masse encore plus grande des éléments fins emportés au loin par les eaux et par les vents, on arrive à un cube total gigantesque.

Concevons pour un moment que la chaîne, aujourd'hui peu élevée, toute émoussée et arrondie, soit remise en possession de toute la matière perdue au cours des temps quaternaires, non seulement par l'action directe des glaciers, mais par le fait des phénomènes de dénudation auxquels le voisinage de la glace a donné une puissance spéciale et comparons le résultat à quelque autre région convenablement choisie.

Le relief du sol, considérablement accru par cette restitution de matière, atteindra et pourra dépasser la zone atmosphérique, au-dessous de laquelle, dans nos latitudes, cesse de persister toute l'année la neige tombée pendant l'hiver. Aux Vosges recouvertes de forêts se substitueront des sommets toujours neigeux, qui ne tarderont pas à alimenter des glaciers développant sur le sol le cortège ordinaire de leurs acci-

dents. Les conditions seront alors tout à fait comparables à celles dont la chaîne des Pyrénées nous procure le spectacle. L'altitude sous le parallèle de Remiremont pourrait d'ailleurs être moins élevée que celle des montagnes franco-espagnoles tout en possédant les mêmes caractères. Ce sont des pics, neigeux toute l'année, d'où descendent, dans les vallées plus ou moins élargies, des glaciers courts, réduits à peu près à leurs cirques d'alimentations et fort incomplets par conséquent, si on les compare aux glaciers alpins.

Mais ce que nous venons de faire pour les Vosges, nous pouvons le répéter presque exactement pour les Pyrénées. Ici encore, et plus peut-être que tout à l'heure, nous avons les témoignages d'une prodigieuse dénudation subie par le sol. Sur les deux versants, à des distances énormes, sont accumulés les terrains de transport sous toutes leurs formes provenant d'un lieu unique d'origine, qui avoisine plus ou moins la ligne de faite. Aux moraines de tous genres, aux blocs erratiques, au terrain glaciaire éparpillé, aux alluvions limoneuses et sableuses étalées de toutes parts, doivent être ajoutées les montagnes de matériaux très fins que les courants aqueux et aériens ont emporté jusque dans les océans, si l'on veut s'imaginer la quantité de substance perdue par la région. Et si l'on suppose la chaîne remise en possession de ce qu'elle a ainsi perdu dans le cours des temps, on la voit surgir à une altitude vertigineuse, alimentant par des neiges épaisses des fleuves de glaces étroits et sinueux descendant jusque dans les vallées chaudes, comme on le voit à l'heure actuelle dans les Alpes.

D'ailleurs cette restauration est loin d'être finie là et tout nous invite à nous comporter vis-à-vis des Alpes elles-mêmes comme nous venons de le faire successivement pour les Vosges, puis pour les Pyrénées. La masse de matériaux à rendre à la chaîne pour la remettre en possession de son relief primitif est bien plus grande encore que précédemment et cependant cette restitution gigantesque ne suffirait pas pour faire des Alpes un trait orogénique sans analogue sur la terre. De même que nous transformions tout à l'heure les Vosges en Pyrénées et les Pyrénées en Alpes, nous transformons maintenant les Alpes en Monts Célestes; et l'exploration de cette région du centre asiatique permet de s'imaginer ce que devait être notre région alpine à l'époque où s'édifiaient les moraines les plus éloignées des hauts sommets actuels. (Voir pl. I.)

Cette comparaison, évidemment tout à fait légitime, et qui doit être faite avec le discernement qu'imposent les caractéristiques locales de latitude et d'état hydrométrique, est beaucoup plus instructive qu'on ne supposerait. Elle fait voir que, contrairement à ce qu'on dit partout, il n'est pas exact d'admettre que les glaces qui ont déposé

les moraines de la vallée du Rhône au dessous de Lyon avaient leurs origines d'alimentation dans l'Oberland et constituaient le cube de glace qu'on s'est plu à supputer sur ces données.

L'étude de la géographie de l'Asie centrale montre que les Alpes anciennes devaient avoir leurs hauts sommets au-dessus de la zone atmosphérique des neiges abondantes et éprouver une météorologie trop aride pour que les glaces aient pu s'y constituer. Cet antique Toit du Monde devait être une région sans glaciers, entourée d'une espèce d'auréole de glaciers, pas notablement plus considérables ni surtout plus longs que nos glaciers alpins actuels. Les glaciers qui ont construit leurs moraines frontales au-dessous de Lyon pouvaient avoir leurs cirques d'alimentation à une distance qui n'excède pas beaucoup celle qui mesure la longueur totale des glaciers actuels du Mont-Blanc. Cela n'empêche en aucune façon les roches plus voisines des régions centrales d'avoir pu collaborer à l'édification de ces moraines, car les agents de dénudation s'exercent sans relâche bien au-dessus des glaciers, et les éboulements pierreux, de même que les transports par les torrents, amènent progressivement sur la glace des blocs d'origine bien plus élevée. En outre, après un premier recul des glaciers, les torrents terminaux et les glaces qui peuvent y être emportées contribuent encore à cette alimentation rocheuse.

Sans insister ici sur tous les détails qu'on pourrait faire valoir à l'appui des idées précédentes, on voit qu'il peut être légitime de substituer à l'idée d'une Europe occidentale, ensevelie sous un *inlandsis*, celle d'un pays analogue au Pamir, enserré par un correspondant de l'Altai dans une ceinture de glaciers, mais présentant un sol non glaciaire.

Dans cette restauration nous avons naturellement dû suivre une marche opposée à celle qu'a adoptée la nature, qui est partie de l'état *pamirien* déterminé en Europe par le soulèvement tertiaire des Alpes et l'a transformé successivement jusqu'au stade réalisé aujourd'hui. Rien n'empêche de supposer qu'avec un développement qui peut être d'ailleurs variable suivant les points, les mêmes actions ne se soient pas développées à des époques très distinctes, quoique comprises dans les temps post-tertiaires, dans les Pyrénées, dans les Vosges, dans le massif central, en Bretagne et bien ailleurs.

Dans le cas où l'histoire est la plus complète nous pouvons la restaurer dans ses grandes lignes de la façon suivante, à l'appui de laquelle ont été établies les figures jointes à ce travail (1) et où la chaîne des Monts

(1) Ces figures ont été en partie inspirées par celles qu'on trouve dans la *Géographie* de M. Elisée Reclus. On les a pourtant modifiées et complétées pour le but spécial qu'on avait en vue.

Célestes a été choisie pour représenter un pays soumis actuellement au régime que nous appelons *Pamirien*.

Un relief du sol s'étant constitué avec 7000 mètres d'altitude, ou davantage, il se subdivise en plusieurs régions concentriques, dont la plus centrale est au-dessus du niveau des neiges abondantes et la plus extérieure au-dessous du niveau des neiges persistantes. C'est dans l'intervalle de ces deux niveaux que s'établit, sur tout le pourtour du massif, comme un rayonnement de glaciers identiques, dans leurs grands traits et dans leur mode d'action, aux glaciers actuels des contreforts du massif asiatique. Les moraines et les autres masses de transport qu'ils édifient sont composées à la fois des matériaux qu'ils ont arrachés aux parois des vallées qui les encaissent (soit directement, soit par les agents de dénudation dont leur seule présence a déterminé le déploiement énergétique) et des matériaux provenant de sommets situés à l'amont de leur propre origine et que les eaux sauvages et les torrents ont arrachés à leur gisement initial.

Ce travail d'érosion a pour premier résultat d'augmenter progressivement vers l'amont la largeur de la zone où la neige peut persister et où la glace peut se produire, et le glacier, déjà constitué, recule non pas seulement, comme on l'a dit jusqu'ici, parce que sa moraine frontale tend à se produire en arrière de sa position primitive, mais parce que son cirque originel d'alimentation subit une sorte d'attraction centripète.

Le glacier recule donc *tout entier* avec une dimension totale qui, à la rigueur, pourrait ne pas varier beaucoup. Pendant longtemps, des observateurs superficiels voyant des traces glaciaires en avant des glaciers actuels, pourraient croire à une diminution du phénomène, tandis que celui-ci subit un simple déplacement horizontal.

Ce déplacement, comparable à celui des lignes de falaises sur une côte soumise à la dénudation marine et compatible, comme lui, avec la persistance des dimensions initiales du phénomène, ne peut cependant durer indéfiniment.

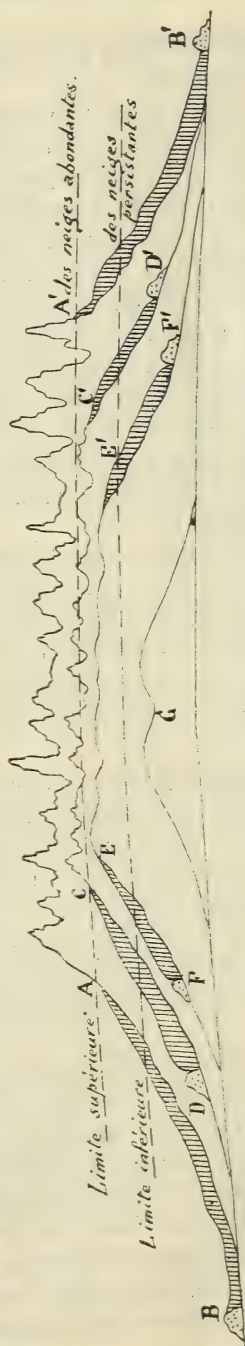
À la faveur du temps, quand les diverses origines glaciaires en route vers le centre commun arrivent enfin à se rencontrer, probablement suivant une ligne de faite, c'est que le plus haut relief subsistant est parvenu lui-même dans la zone atmosphérique des neiges persistantes.

Le régime *Alpin* est alors constitué et, dès le moment de sa première constitution, les glaciers qui le caractérisent sont pourvus de marges très étendues en aval de leurs moraines frontales, où les glaciers antérieurs ont laissé leur empreinte. Ici encore, il semble que les *glaciers alpins* représentent une diminution par rapport à des glaciers

DIAGRAMME

MONTRANT LA CORRÉLATION ENTRE L'ÉTAT GRADUEL DE DÉMOLITION
d'un grand massif montagneux

ET LE DÉVELOPPEMENT ET LA DISTRIBUTION DES GLACIERS QUI EN DESCENDENT



Phases successives d'ablation du massif montagneux.

- AB-A/B' État primitif, Pamirien, avec glaciers absents d'un vaste plateau central.
 CD-C/D' » suivant, Alpin, avec glaciers développés, descendant dans la plaine.
 EF-E/F' » ultérieur, Pyrénéen, avec glaciers courts et larges.
 G » ultime, Vosgien, sans glaciers possibles.

Dans cette figure les glaciers sont représentés par les zones hachurées verticalement et les moraines frontales par les amas pointillés B, B', D, D', F, F'.

plus anciens, tandis qu'ils peuvent, en réalité, être tout aussi développés et seulement situés en des régions différentes.

On voit, d'après ces considérations, combien il peut paraître antiscientifique de dire, avec certains géologues, qu'à une époque antérieure les Alpes ont été presque entièrement ensevelies sous une masse de glace qui mesurait 150.000 kilomètres carrés, tandis qu'aujourd'hui la totalité des glaces alpines ne dépasse pas 4000 kilomètres carrés; et que l'épaisseur de ces glaces quaternaires pouvait atteindre 1200 et même 1700 mètres, de manière à franchir le Jura. Que les Pyrénées envoyaient dans les plaines aquitaniennes des fleuves de glace de 60 à 75 kilomètres, parfois épaisses de 900 mètres, comme à Luchon, etc.

Quoi qu'il en soit, à partir du moment où nous sommes parvenus, la diminution progressive va se manifester, toujours par le fait pur et simple de la continuation des actions déjà décrites. Malgré son recouvrement par la neige, la montagne continue de subir la dénudation; de toutes parts sont des abrupts, des aiguilles qui s'éboulent en avalanches de pierres, que les fleuves de glaces transportent tôt ou tard jusqu'à leur tête.

Cette usure a pour contre-coup nécessaire une efficacité moins grande des hautes régions à alimenter les glaciers, qui se raccourcissent peu à peu, perdent progressivement leur portion étroite et flexueuse, pour se restreindre aux zones larges qui caractérisent le régime *Pyrénéen*.

Postérieurement, les aiguilles disparaissent à leur tour et la dénudation en est ralentie d'autant; mais alors le relief général est fort amoindri et, avec lui, les condensations aqueuses. Les glaciers perdent plus qu'ils ne gagnent et ils finissent par disparaître tout à fait, laissant seulement un sol mamelonné, moutonné, poli et strié comme en présentent encore les Vosges, et comme n'en montrent plus les montagnes de Bretagne, où les anciens glaciers, malgré les dénudations, sont encore perceptibles parfois par la présence de blocs erratiques de plus en plus rares avec le temps.

Toute cette histoire, si simple dans ses grandes lignes, se complique en réalité par une foule de causes. Par exemple, des soulèvements successifs du sol, comme ceux dont la chaîne des Alpes a été, à tant de reprises et est encore le théâtre, restituent à certains points une altitude perdue et qui retarde la disparition finale de la glace. Ailleurs les progrès du phénomène peuvent convertir un massif d'abord unique, comme la chaîne des Monts Célestes, en massifs distincts dont chacun fonctionne pour son compte, amenant la production de sillons glaciaires convergents comme ceux qu'on voit dans les vallées du Jura et

qui semblent remonter vers le sommet général. Il va sans dire que pour telle chaîne en particulier l'évolution peut n'avoir pas été complète. Les Vosges n'ont pas nécessairement commencé par l'état Pamirien et leur altitude primitive peut n'avoir pas même atteint celles des plus hauts pics des Pyrénées.

Mais, si les incidents de détail peuvent être nombreux et variés, ils ne masquent pas l'allure générale de la grande action que j'ai essayé d'analyser et dont j'ai retrouvé les traces dans toutes les régions que j'ai étudiées.

La manière de voir que je propose de substituer à celle qui est si généralement professée et qui, je n'en doute pas, provoquera bien des résistances, me paraît avoir des avantages considérables, que je me réserve d'indiquer plus tard en détail. Je dirai seulement ici qu'elle cadre avec la doctrine, de plus en plus assise, des causes actuelles, sagement comprises; qu'elle permet de concevoir facilement la coexistence des phénomènes glaciaires et des manifestations chaudes, dont la flore et la faune quaternaires sont si prodigues et qu'elle n'oblige en aucune façon à supposer que la majestueuse évolution dont la surface du sol a été le théâtre ait jamais subi un temps d'arrêt auquel répugne la conception moderne du monde.

Au Muséum de Paris, le 24 mars 1895.

LES RAPPORTS GÉO-TECTONIQUES ENTRE LES ALPES ET LES APENNINS

PAR

le **D^r Federico Sacco**

Professeur de Paléontologie à l'Université de Turin.

PLANCHE II

Depuis l'époque où Strabon écrivait : *Alpes vero a Sabatiis initium capiunt*, est ouverte la question de la délimitation des Alpes et des Apennins.

A première vue, cette question paraît de peu d'importance et semble pouvoir se résoudre conventionnellement d'une manière scolastique, en cherchant à se mettre d'accord dans l'acceptation, comme limite, d'une des dépressions plus accentuées, qui se trouvent dans la zone de jonction des deux régions montagneuses. Mais, si l'on considère le problème un peu moins superficiellement, il apparaît de sérieuse importance et ne semble pouvoir être résolu simplement par des considérations orographiques, hydrographiques ou autres semblables, mais bien par des raisons plus scientifiques et fondamentales; savoir, par l'étude intime des reliefs terrestres, c'est-à-dire en suivant les données géologiques.

Or, depuis longtemps les géographes cherchent vainement à établir cette limite entre les Alpes et les Apennins, hésitant entre le Col de la Maddalena et celui des Giovi, mais en général penchant plutôt pour le Col de Cadibona (ou d'Altare); les géologues d'autre part, spécialement Gastaldi, Neumann, Suess, Diener, Franchi, etc., se sont occupés de cette question et eux aussi généralement, sauf Neumann, furent d'accord avec la majorité des géographes, pour considérer la dépression de Savone comme la zone de division entre les deux chaînes de montagnes.

Cependant, cette conclusion, qui a été généralement acceptée par les géographes, par les géologues et dans l'Enseignement, ne me semble pas rationnelle, si l'on considère la question sous un point de vue géologique et orotectonique un peu élevé et synthétique. D'après de tels points de vue il résulte clairement que l'on doit au contraire accepter comme zone de division entre les Alpes et les Apennins la dépression génoise ou des Giovi, et voici sur quelles raisons je m'appuie.

Si nous considérons la chaîne alpine dans son ensemble au point de vue géologique, elle se présente comme essentiellement constituée par des terrains archaïques, *laurentiens* et *huroniens*, disposés en plis subparallèles plus ou moins nombreux, plus ou moins accentués et couverts sporadiquement de terrains *paléozoïques* et *mésozoïques*, qui sont naturellement plus étendus et plus puissants dans la partie périphérique de cette chaîne.

Par contre, la chaîne apenninique se présente comme essentiellement constituée par des terrains *mésozoïques*, également disposés en plis subparallèles, inégalement accentués, avec un recouvrement plus ou moins étendu et puissant de terrains *cénozoïques*.

Il faut remarquer que, entre ces deux chaînes, il existe des analogies géologiques curieuses. Dans la chaîne alpine, entre la série *archaïque* et la série *mésozoïque*, se développe souvent une zone schisteuse (micaschistes, calcschistes, schistes lustrés, etc., *Flysch ancien*, peut-on dire) souvent ophiolitifère, qui, d'après l'École géologique française récente, dont le chef est M. Bertrand, appartiendrait au Mésozoïque inférieur (*Triaset Lias*), tandis que, selon l'École géologique italienne, fondée par Gastaldi et ayant pour chef actuel M. Zaccagna, cette zone serait au contraire attribuable au terrain archaïque supérieur. De même, dans la chaîne des Apennins, entre la série mésozoïque et la série cénozoïque se développe aussi extensivement une formation spéciale schisteuse (argiloschistes, calcschistes, *Galestri*, *Flysch lato sensu*, etc.) bien souvent ophiolitifère, qui est généralement attribuée à l'Éocène, tandis que je la crois au contraire référible au Crétacé. Je base cette opinion sur le fait qu'on y rencontre de rares restes de Cycadeoïdées, Hemipneustes, Inocérames, Hamites, Ammonites, Pthychodes, Ichthyosaures, etc.; soit des fossiles caractéristiques du Crétacé (1).

(1) Récemment un de mes plus illustres contradicteurs, le prof. De Stefani, disait « *Sull' età delle Serpentine apenniniche*. B. S. G. I., vol. XIII, 1894 » que l'*Hemipneustes* de Montese, le *Rhynchonella vespertilio* de Torre, l'*Otodus appendiculatus* de Porretta, les *Ptycodus*, etc., trouvés en des formations de l'Apennin

Je rappelle ici incidemment, qu'en 1891, parlant des Radiolaires, qui ne sont pas rares dans les schistes ophiolitifères de l'Apennin, je disais (*L'âge des formations ophiolitifères récentes*) qu'il semble naturel d'admettre, que dans l'ère archéenne (pendant laquelle se produisirent souvent les conditions dans lesquelles ces schistes de l'Apennin se sont déposés) ces Protozoaires se soient déjà développés. L'année suivante, MM. Barrois et Cayeux signalaient dans l'Archéen supérieur, ou Précambrien, les *premiers véritables restes organiques*, précisément représentés par des RADIOLAIRES.

Revenant à notre sujet et concluant, nous pouvons synthétiquement définir la chaîne alpine comme étant une *chaîne archaïque avec des recouvrements paléo et mésozoïques*, tandis que la chaîne apenninique est une *chaîne mésozoïque avec des recouvrements cénozoïques*.

Voyons maintenant brièvement de quelle manière elles se développent et quels sont leurs rapports réciproques.

La chaîne alpine s'élève à l'est du bassin autrichien, se développe régulièrement vers l'ouest, jusqu'à ce qu'elle se recourbe, constituant l'arc caractéristique des Alpes occidentales, pour se diriger ensuite au sud et au sud-est. Ce n'est pas le lieu ici de rechercher la cause de cette inflexion, la question étant en grande partie rattachée au problème général de l'orotectonique tourmentée de l'Europe méridionale, comprise entre les massifs anciens de l'Europe centrale et ceux de l'Afrique. Cette circonstance fait aisément comprendre les irrégularités et les contorsiens orotectoniques de la région moyenne.

Mais, en nous renfermant dans les limites plus modestes de l'examen en vue, je crois intéressant de noter que la déviation, dont je viens de parler, de la chaîne archaïque, est en réalité sensiblement moins brusque et rapide que ce qui paraît résulter du simple examen orographique des Alpes occidentales. En effet, si nous observons une Carte géologique de cette région, nous sommes frappés immédiatement du fait que l'importante zone paléo-mésozoïque (zone calcaire méridionale ou interne) qui, dans la Vénétie et dans la Lombardie, entoure largement la chaîne archaïque axiale, constituant les Préalpes, s'amincit rapidement par contre en Piémont, se réduit à de maigres lambeaux dans le Biellais et disparaît enfin définitivement dans le

septentrional — que (d'après des relevés géologiques spéciaux publiés avec des Cartes géologiques à l'échelle de 1/100.000 à l'appui) j'attribue au Crétacé, tandis qu'il les met dans le Tertiaire, — sont *miocéniques* ! Partant d'un point de vue un peu semblable déjà M. Mantovani avait baptisé un magnifique *Pachydiscus* cf. *galicianus*, trouvé en place dans les schistes en question de l'Apennin septentrional, comme *Ammonites eocenicus* !

Canavais ; de même, la grande zone archaïque principale dans la courbe des Alpes occidentales vient à disparaître environ de moitié (la partie intérieure ou orientale) entre le Biellais et le débouché de la Vallée de Suse.

Or, tout cela n'est qu'apparent ; en réalité, si nous faisons abstraction des dépôts pliocéniques et quaternaires du Piémont, nous pourrions voir la zone archaïque s'étendre par son côté intérieur, ou oriental, sous la plaine actuelle du Pô, depuis l'Éporediais au Braidais et au Monregalais, se dirigeant ensuite vers l'est, s'enfonçant sous les terrains oligo-miocéniques des Langhes, jusqu'à sa jonction avec la zone archaïque du massif ligurien, entre Savone et Gênes. Nous verrions aussi la bande paléo-mésozoïque (réduite cependant essentiellement à des terrains mésozoïques, parfois même avec des lambeaux éocéniques) se développer depuis l'Éporediais et depuis le Canavais vers le sud, de manière à soutenir directement, peut-on dire, la colline actuelle de Turin (considérée dans un sens étendu) se diriger ensuite vers le Braidais, se reliant peut-être à la zone calcaire extérieure monregalaise (à cause de l'abaissement, en cette région, de la chaîne archaïque), mais dans l'ensemble contournant intérieurement, dans la direction ouest-est, cette zone archaïque, de manière à rester sous les terrains oligo-miocéniques de l'Albigais et du Haut Montferrat ; enfin reparaitre à Voltaggio, d'où la bande mésozoïque se dirige nettement au sud, jusqu'à Sestri Ponente et à Gênes.

Ce développement souterrain de la chaîne géologiquement définie comme alpine, s'il est naturellement hypothétique, est cependant appuyé, à plusieurs points de vue, par des faits, dont j'indiquerai quelques-uns. Avant tout, il paraît inadmissible qu'une moitié de la grandiose zone archaïque s'affaisse tout à coup au sud des Préalpes biellaises, éporediaises et canavaises, tandis qu'en général son allure visible est dans l'ensemble assez régulière.

Si nous examinons ensuite la géotectonique de la formation archaïque des Alpes Occidentales, nous voyons que l'axe anticlinal de celle-ci, de central qu'il était dans l'ensemble par rapport à la chaîne alpine dans les Alpes vénitiennes et lombardes, s'approche légèrement de la plaine dans les Alpes Grées, jusqu'à ce que, dans les Alpes Cottiennes et Maritimes, il devient tout à coup excentrique, au point de toucher souvent la région subalpine ; évidemment la partie intérieure ou orientale de cette puissante chaîne archaïque se trouve sous les dépôts pliocéniques et quaternaires de la vallée du Pô ; en effet, les divers éperons rocheux, comme ceux du Musiné, de Piosasco, de Saluces, etc., qui s'avancent des Préalpes dans la plaine du Pô, comme aussi la

Rocca de Cavour, qui s'élève isolée dans la plaine, nous indiquent la présence de cette chaîne souterraine archaïque. Pourquoi les collines d'Alexandrie, Casal, Turin, après s'être développées pendant 60 kilomètres de Pavone à Lauriano, avec une direction régulière E. S. E. — O. N. O. changent-elles brusquement tout à coup de direction dans les environs de Casalborgone et Chivasso, en prenant, dans les collines de Turin (Chivasso-Moncalieri), une direction presque orthogonale à celle primitive et s'élevant jusqu'à plus de 700 mètres au-dessus du niveau de la mer? Il en est évidemment ainsi parce que les plis qui constituent ces collines, après s'être librement développés vers le N.-O., ont heurté souterrainement contre les formations ensevelies subalpines (continuation des Préalpes biellaises et éporédiennes), qui les ont contraints à dévier subitement de direction, prenant précisément celle de ces Préalpes souterraines contre lesquelles ils se heurtèrent et au long desquelles naturellement ils s'alignèrent. Si cela n'était pas, les collines en question auraient dû, naturellement, s'avancer jusque contre les régions préalpines de Lanzo et là seulement dévier un peu et s'aligner près de ces Préalpes, comme justement nous voyons se vérifier le fait en des conditions analogues et pour des terrains tertiaires semblables le long des Préalpes lombardes.

Nous avons encore la confirmation de ce que nous venons de dire dans un phénomène assez curieux et intéressant, que l'on essaya généralement jusqu'ici d'expliquer par des hypothèses variées, mais, me semble-t-il, peu acceptables.

Tandis que les terrains miocéniques constituant les collines d'Alexandrie, de Casal, et du Piémont en général, sont représentés essentiellement par des marnes et des grès, dans les collines de Turin (considérés dans un sens étendu), ils englobent aussi des zones de cailloux et de gravier, zones qui deviennent toujours plus fréquentes, plus puissantes et à éléments toujours plus volumineux depuis les collines de Brusasco, où elles apparaissent, jusqu'à celles qui font face à Turin : de ces éléments rocheux quelques-uns en petit nombre (Gneiss, Micaschistes, Protogine, Calcaires cristallins) ont leurs correspondants, ou gisements d'origine les plus proches, dans la région archaïque centrale des Alpes Cottiennes et Grées ; plusieurs dans la région archaïque extérieure subalpine et non seulement dans la région faisant face aux collines de Turin (comme c'est le cas pour les Euphotides, les Serpentes, les Amphibolites, etc.), mais aussi, spécialement pour les terrains néogènes plus anciens, dans les zones archaïques subalpines situées plus à l'est (comme c'est le cas pour les Mélaphyres et les Diorites semblables à celles de l'Éporédiens et du Biellais, etc.).

Plusieurs éléments lithologiques des cailloux des collines de Turin ont par contre leur lieu d'origine dans la zone paléo-mésozoïque qui entoure les Alpes lombardes et qui disparaît dans le Canavais. Je citerai notamment : Jaspes, Porphyres quartzifères, grès et brèches porphyriques, semblables à ceux du Biellais et de la partie inférieure du Val Sesia ; roches granitiques identifiables avec celles de Valperga dans le Canavais ; calcaires de natures diverses, quelques-uns fossilifères, qui nous indiquent comme origine la zone liasique subalpine, zone si développée en Lombardie et qui vient disparaître en Piémont à Gozzano. Enfin très fréquemment, surtout dans les terrains tertiaires inférieurs des collines de Turin, on trouve des cailloux de ce calcaire caractéristique à Fucoïdes ou « Calcaire alberese », dont on rencontre actuellement les plus proches gisements en place dans l'Apennin de Voghera et de la Ligurie.

Pour expliquer ce curieux phénomène de cailloux, souvent volumineux, à éléments alpins et apenniniques entremêlés, dans la colline de Turin, éloignée de 20 à 100 kilomètres des régions alpines qui présentent maintenant ces roches, et de plus de 100 kilomètres de l'Apennin, on a formulé deux théories principales. La première, la plus ancienne, se rattache à l'*action glaciaire*, ayant recours à l'hypothèse de glaces flottantes, ou icebergs qui, se détachant des glaciers alpins-apenniniques qui débouchaient dans la mer, auraient répandu sur son fond les éléments caillouteux qu'ils transportaient ; cette hypothèse, émise par Gastaldi (1) a été appuyée par Tardy et acceptée aussi dernièrement par Baretti et en partie par Portis.

Une autre hypothèse fut très récemment proposée par Virgilio (2) qui admet que l'entassement des matériaux caillouteux tombés et transportés par les fleuves sur les rivages de la mer miocénique padane le long des pentes alpines et apenniniques par son poids et par l'inclinaison du fond marin, ait pu produire un mouvement de glissement en masse de tous les dépôts tertiaires éo-oligo-miocéniques depuis les Alpes et depuis les Apennins vers le centre du bassin du Pô, jusqu'à ce que se produisît la rencontre, sous les eaux marines, des conglomérats d'origine alpine avec les conglomérats d'origine apenninique. Il en serait résulté une pénétration intime et réciproque des deux masses caillouteuses, le mélange de leurs éléments lithologiques et enfin le plissement et l'émergence des collines de Turin.

(1) GASTALDI B. *Frammenti di Geologia del Piemonte*. (R. Acc. Sc. Torino), II, 20, 1861.

(2) VIRGILIO F. *La Collina de Torino*, Tipografia V. Bona, Torino, 1895.

L'hypothèse de Gastaldi ne paraît point acceptable, parce qu'elle se heurte contre les données climatologiques de l'époque miocénique, contre les données paléontologiques, qui nous offrent les restes d'une faune tropicale très riche, renfermée parmi les couches à cailloux des collines de Turin, et enfin contre les données lithologiques, qui nous montrent que, parmi les cailloux des collines de Turin, les éléments de la chaîne alpine centrale sont relativement rares et ceux des Préalpes, au contraire, sont abondants, tandis que justement le contraire devrait se constater s'il était question d'une action glaciaire, ainsi qu'on l'observe dans les véritables dépôts morainiques quaternaires. En outre, cette hypothèse laisse encore tout à fait inexpliqués plusieurs faits de distribution régionale et stratigraphique des cailloux dans le Miocène piémontais.

L'hypothèse de Virgilio, application aux collines de Turin de l'hypothèse émise en 1882 par Bombicci pour l'Apennin et appuyée par les recherches expérimentales de Reyer, me semble moins admissible encore. En effet, avant tout, l'on ne peut vraiment comprendre comment des entassements caillouteux auraient pu produire, sur une pente qui ne pouvait pas être très forte, un glissement général, sur plusieurs dizaines de kilomètres, de l'énorme masse de terrains tertiaires occupant le fond de la grande vallée padane. Mais même en admettant cela, il reste à expliquer l'absence de cailloux dans les terrains miocéniques des collines du Tortonais, du Casalais, du Haut-Montferrat, des Langhes, etc., collines qui sont placées entre celles de Turin et l'Apennin, d'où devaient dériver les cailloux apenniniques des collines de Turin. L'on ne comprend pas comment aurait pu se faire la pénétration réciproque des masses caillouteuses provenant des Alpes avec celles provenant de l'Apennin, tandis que les couches constituant les collines de Turin présentent une régularité admirable, tant générale que réciproque. Il reste inexplicable comment, tandis que les masses caillouteuses alpines étaient certainement plus puissantes et placées sur des pentes plus fortes que les masses apenniniques, le plissement qui donna origine aux collines, et qui aurait été causé par la rencontre et par la compression réciproque de ces masses, se soit produit près des Alpes, et non près de l'Apennin, comme cela aurait dû se produire dans cette hypothèse. Il est difficile d'expliquer cet énorme glissement général des terrains tertiaires des Alpes piémontaises vers le centre du bassin, tandis que ceux de la Lombardie, en des conditions très semblables, sont restés au voisinage, je dirai même, tout contre les Préalpes. Il semble difficile d'expliquer l'arrivée dans la région de Turin d'éléments lithologiques de la région alpine

comprise entre le Biellais et le Lac Majeur, tandis que les masses caillouteuses, glissant vers le sud, des Préalpes éporediaises, canavaïses etc ; auraient dû s'opposer à ce voyage vers le sud-est.

En admettant par contre, comme je le proposais déjà en 1889 (*I Colli Monregalesi*, p. 23), le développement souterrain vers le sud et le sud-ouest de la zone archaïque et paléo-mésozoïque alpine, qui finit maintenant en apparence à la région préalpine comprise entre le Biellais et le Canavais, l'explication des phénomènes sus-exposés devient facile. La région des collines actuelles de Turin devait se présenter, pendant le Miocène, comme une baie marine, fermée par une côte découpée, constituée de roches archaïques et paléo-mésozoïques, où se déposaient des formations sablonneuses, graveleuses et caillouteuses dont les éléments dérivaienent très partiellement de l'érosion des côtes, comme l'a exposé en 1888 M. Mazzuoli, dans ses études « *Sul modo di formazione dei conglomerati miocenici dell' Apennino ligure* » ; mais il y a spécialement lieu de faire appel ici au transport impétueux des courants d'eau descendant des Alpes et des Préalpes de cette époque, particulièrement dans des périodes de débordement, ainsi que je l'exposais en 1889 (*I Colli Monregalesi*, p. 23-24. — *Il Bacino terziario del Piemonte*, p. 406).

La présence des éléments apenniniques dans le Miocène des collines de Turin est aussi facile à expliquer par le fait que les formations apenniniques s'avançaient alors jusqu'à cette région, soit comme une zone d'entourage du terrain archaïque (comme on voit de nos jours entre Gênes et Voltaggio) émergeant peut-être en quelque point au sud des collines de Turin, soit comme la continuation occidentale de l'Apennin pavais-tortonais, qui devait se prolonger à cette époque jusqu'à la région turinoise, avec une série de plis émergeant en partie de la mer, et par conséquent de facile dénudation. Il devait enfin se vérifier, pendant le Miocène, dans la partie occidentale du Golfe padan, la convergence des formations alpines avec les formations apenniniques, d'où le mélange de leurs éléments lithologiques dans les terrains miocéniques des collines de Turin. Le fait bien connu que les cailloux apenniniques deviennent rares dans les terrains du Miocène moyen (*helvétien*) des collines de Turin, tandis qu'ils sont si communs dans ceux du Miocène inférieur (*aquitainien*) de la même région, dépend certainement de la dénudation et de l'ensevelissement des reliefs voisins apenniniques pendant le cours de l'époque miocénique.

Or, après le développement souterrain partiel de la chaîne archaïque sous la vallée d'amont du Pô, on a vu déjà comment elle

va ensuite s'abaissant un peu et se dirigeant vers l'est, jusqu'à émerger de nouveau dans le massif ligurien, qui cependant, à cause du plissement insuffisant de l'axe de la chaîne, ne nous présente que les terrains archaïques supérieurs, *huronien*s, et non les terrains inférieurs, ou *laurentien*s, lesquels se sont graduellement enfoncés, dans les Préalpes de Saluces, sous le recouvrement *huronien*. La preuve de cette liaison du massif ligurien avec la chaîne archaïque des Alpes Cottiennes réside aussi bien dans l'allure stratigraphique et dans la forte élévation des collines langhiennes (qui dépassent çà et là 800 mètres d'altitude et atteignent parfois presque 900 mètres — ce qui nous indique qu'elles reposent sur une zone de relief orogénique) que dans les nombreuses ramifications projetées vers l'ouest par le massif archaïque de la Ligurie jusqu'à Cairo, Spigno, Cartosio, etc.

Cette preuve est encore fournie, et plus fortement, par l'inflexion et le développement régulier de l'ouest à l'est que présente (des Alpes maritimes à Savone) la bande paléo-mésozoïque extérieure de la chaîne archaïque, dont elle suit toujours, dans les Alpes, l'allure générale.

Mais, parvenus là où le massif archéen de la Ligurie s'enfonce sous la mer Tyrrhénienne, l'on se demande naturellement : cet engouffrement est-il absolu, définitif, ou bien cette chaîne archaïque, tout en s'abaissant quelque peu et faisant défaut à l'observation directe ne se développe-t-elle pas sous l'Apennin ou sous la mer ? Et, en ce cas, comment et vers quelle direction s'étend-elle ? Il semble naturel que la chaîne alpine archaïque qui s'est développée puissante, grandiose sur plus de 800 kilomètres, ne puisse disparaître définitivement avec le massif de la Ligurie, mais que, tout en s'abaissant, comme l'on a déjà constaté depuis les Alpes Cottiennes jusqu'à la région gènoise, elle continue son développement sous la mer. Les faits géologiques que j'exposerai ultérieurement ne me permettent pas d'accepter l'idée, généralement admise, que la chaîne alpine se continue directement dans l'Apennin septentrional.

Cependant quant à la manière et quant à la direction de cette extension, faute d'observations géologiques directes, nous devons recourir aux données bathymétriques, lesquelles cependant offrent des indications multiples et suffisantes.

En effet, l'abaissement rapide (qui dépasse 1500 à 2000 mètres) du fond du Golfe de la Ligurie vers le S.-O., exclut que la chaîne archaïque puisse prendre cette direction ; par contre vers le S.-S.-E. le fond se maintient entre 400 et 1000 mètres ; en quelques points même, comme à environ 100 kilomètres au S.-E. de Gênes, le fond se relève à moins de 200 mètres du niveau marin ; puis le sol sous-marin se

relève toujours davantage et laisse émerger les sommets archaïques de l'île Gorgona, ensuite peu à peu tout l'archipel toscan en grande partie de nature archaïque jusqu'aux îles du Giglio et de Monte-Cristo. C'est la *Tyrrhénide* (Tyrrhenis), peut-être plus émergée anciennement et seulement représentée maintenant par les cimes les plus élevées des Alpes tyrrhéniennes submergées.

Mais cette « Tyrrhénide » ne constitue pas un affleurement isolé de la chaîne archaïque dont nous suivons le développement. Elle paraîtrait, au premier abord, se relier avec l'affleurement archaïque de la Corse et de la Sardaigne, mais c'est seulement une apparence. En effet, le massif corso-sarde, à cause de sa constitution géologique et de ses caractères paléontologiques, spécialement distincts dans la Sardaigne méridionale, est bien différent de la chaîne alpine; il est au contraire très semblable au massif ancien de l'Europe centrale; c'est enfin un *massif hercynien* qui, par sa position relative à la bande typique *hercynienne* de l'Europe centrale, est tout à fait comparable au massif de Méseta, en Espagne. Or, la présence de ce massif ancien au milieu du bassin méditerranéen a causé deux phénomènes principaux.

I. La chaîne alpine, constituée de deux plis principaux subparallèles, s'est dédoublée nettement dans les Alpes maritimes méridionales. En effet l'on peut considérer les Pyrénées comme une prolongation de la chaîne alpine, par une déviation de la zone archaïque du Mont-Blanc (du groupe du Mercantour vers l'ouest) qui va constituer l'affleurement archaïque de l'Estérel, la chaîne des Maures, etc. C'est par ce phénomène que je crois pouvoir rendre compte de l'ampleur du bassin de la Durance, de l'élargissement extraordinaire de la formation éocénique dans la province de Port-Maurice, des curieux faits géologiques et orotectoniques de la région niçoise, etc.

II. La zone alpine principale (méridionale ou interne), après s'être effondrée localement dans le golfe de Gênes, a été de nouveau obligée de réapparaître en partie pour constituer la Tyrrhénide. Mais peu après, ne subissant plus la compression causée par le massif rigide corso-sarde, la zone alpino-tyrrhénienne s'est de nouveau et très profondément abaissée, de sorte que son développement ultérieur vers le sud-est reste complètement caché et incertain à suivre. Mais, dans la Sicile orientale et dans la Calabre, nous voyons une nouvelle apparition des formations archaïques, avec des bandes irrégulières paléomésozoïques. Ce fait, s'il n'est pas causé, au moins partiellement, par la présence d'un petit massif ancien dans cette région, peut être considéré comme une réappation de la zone alpine principale.

La zone archaïque de la Sicile-Calabre prend peu à peu une direction assez nette vers le nord, même vers le N.-N.-O., s'affaissant en même temps jusqu'à disparaître complètement dans la Napolitaine méridionale (*Lucania*); elle y amène pourtant un grand développement triasique, y causant des troubles tectoniques et orographiques (par exemple la péninsule de Sorrento, l'île de Capri, etc.), de notables phénomènes géologiques et endogènes, d'autant plus qu'ici se vérifie l'enchevêtrement de la zone archaïco-mésozoïque susindiquée avec les formations de l'Apennin.

Cette grande zone lucano-calabro-sicilienne, à charpente archaïque avec manteau paléo-mésozoïque, constituerait, de cette manière, un arc grandiose, presque opposé à l'arc des Alpes occidentales, et comparable à l'arc que, dans le même sens, forment les chaînes des Karpathes méridionales et de la Transylvanie, produisant dans son intérieur la dépression tyrrhénienne, de la profondeur de plus de 3000, 3500 et même de 3700 mètres. Cette grandiose dépression tyrrhénienne, développée du N.-O. au S.-E., correspond assez bien dans son ensemble, soit au bassin autrichien, soit à la dépression padane, spécialement si nous considérons que cette dernière a été aussi, jusqu'à la fin du tertiaire, une dépression marine.

La zone archéo-mésozoïque en question, après avoir constitué la Sicile septentrionale dans son développement ultérieur, va, vers l'ouest, constituer l'Atlas de l'Afrique septentrionale; d'ici se recourbant de nouveau rapidement, elle constitue le détroit de Gibraltar, après quoi, avec une direction de l'ouest à l'est, elle forme la Sierra Nevada, s'abaissant après peu à peu de manière à se terminer, comme simple ride méso-cénozoïque, dans l'Espagne orientale et dans le groupe des Iles Baléares. Ce curieux développement sinueux de cette grande ride constitue dans son intérieur la profonde dépression occidentale de la Méditerranée.

La zone méso-cénozoïque qui constitue le grand Atlas dans son développement vers l'est, va former une partie de la Sicile; puis se courbant vers le sud, donne origine à l'angle méridional de la Sicile; enfin elle plonge sous la mer, n'amenant plus autre chose que les affleurements insulaires de Malte, le rocher de Médina, etc.

Après ces observations, si nous considérons que les formations méso-cénozoïques, qui constituent l'Apennin, ne sont autre chose que la réunion des bandes de même nature, qui entourent les zones paléo-mésozoïques, et par conséquent les zones archaïques axiales, il semble en découler naturellement que l'Apennin n'est que la continuation latérale de la grande ride archaïque alpino-liguro-tyrrhéno-lucano-calabraise.

Or, comme la zone alpine me semble représenter la terminaison occidentale d'une des plus grandes rides de l'Asie, et comme la colline de Turin est, à mon avis, la terminaison septentrionale de la zone apenninique, il en découle la curieuse conséquence que la simple et modeste ride miocénique de Turin, doit être considérée comme une des terminaisons occidentales des grandioses et puissants plissements archaïques et paléo-mésozoïques de l'Asie et d'une partie de l'Europe, à cause d'un graduel affaiblissement de ces nombreuses rides. Si cette interprétation tectonique est acceptable, elle nous montrerait certainement une des plus curieuses façons de plissement, avec développement subhélicoïdal, causés probablement par la position spéciale de la région italique, prise entre plusieurs massifs rigides.

De ces considérations générales il résulte aussi que les divisions stratigraphiques du Bassin typique piémontais n'ont pas seulement un intérêt local, régional, mais qu'elles sont d'une importance bien plus étendue. En effet, comme je l'ai déjà énoncé en 1887 dans une note sur la *Classification des terrains tertiaires conforme à leurs facies*, pp. 292-295, les divisions stratigraphiques du Tertiaire sont basées essentiellement sur des changements de *facies*, qui correspondent à des mouvements oro-tectoniques; or, le Bassin tertiaire si régulier du Piémont se trouvant entre les Alpes et l'Apennin, c'est-à-dire entre des zones classiques de plissement de l'Eurasie, doit avoir enregistré les palpitations, peut-on dire, les rides rythmiques, et probablement contemporaines, d'une grande partie de la surface terrestre, et, par conséquent, ses divisions stratigraphiques doivent être d'une importance assez générale.

Mais laissons ces considérations, qui nous ont éloigné un peu trop de notre sujet, et indiquons quelques faits qui semblent confirmer l'idée du développement de la zone archaïque alpino-ligurienne au sud du massif de la Ligurie.

En faisant le levé géologique de la Ligurie orientale, j'ai noté comment, tectoniquement, celle-ci présente des failles et une série de plis subparallèles dirigés, dans l'ensemble, du N.-O. au S.-E., plis étroits, pressés, comme si dans le plissement la région se trouvait comprimée contre un massif sous-marin, ayant cette direction, et placé à peu de distance de la côte. On voit bientôt, vers l'est, émerger les terrains paléo-mésozoïques de la Spezzia, ensuite, à peu de distance, apparaît le grandiose et complexe plissement paléo-mésozoïque des Alpes Apuanes, puis, avançant toujours, apparaissent les affleurements semblables des Monts Pisans, du Siennais, du Maremman, du M^t Argentario. C'est la *Chaîne métallifère*, c'est la zone paléo-mésozoïque,

dont nous connaissons déjà le grand développement dans les Alpes et dans les Préalpes lombardes ; zone qui, après avoir été en grande partie masquée, peut-on dire, par l'Apennin dans le Piémont et dans la Ligurie orientale, réapparaît de la Spezia au Cap Argentario. C'est en somme la grande zone intérieure ou méridionale de la chaîne alpine archaïque ; par conséquent, son apparition et son développement dans la *chaîne dite métallifère* sont les preuves du développement prochain et parallèle, à l'ouest, de la zone archaïque, dont elle constitue la partie périphérique. Ces rapports peuvent d'ailleurs s'observer directement dans l'île d'Elbe, et lorsque la *Tyrrhénide archaïque* s'abaisse vers le S.-S.-O. et disparaît complètement, nous voyons la *chaîne métallifère* s'effondrer au Cap Argentario.

Il est cependant très probable que, par suite du notable abaissement de la chaîne archaïque entre le massif de la Ligurie et la Tyrrhénide, se vérifie à cette place, sous la mer, une liaison partielle de la zone paléo-mésozoïque que nous venons d'examiner (zone intérieure, par rapport à la courbe alpine), avec la zone du Briançonnais qui disparaît sous les eaux de la mer Tyrrhénienne dans la Ligurie occidentale.

La courbe vers l'est que fait, sous la mer, la chaîne archaïque tyrrhénienne, ne produit pas seulement l'émergence et le développement de la *chaîne métallifère*, mais influence aussi indirectement la tectonique et l'allure générale de la chaîne apenninique ; celle-ci, de fait, fut corrélativement détournée de sa direction régulière S. E.-N.O. formant la grande courbe des Marches, et il se produisit même l'émergence du M^t Conero, près Ancone (qui pourrait être une courte réapparition du *système appulo-garganique*) outre une très forte déviation, vers l'est, du synclinal bathymétrique de l'Adriatique.

Ayant considéré ainsi dans son ensemble l'allure générale de la chaîne alpino-tyrrhéno-corso-sarde, nous allons dire deux mots du développement de l'Apennin.

La chaîne apenninique est une zone de plissements répétés et sub-parallèles, dûs certainement en partie à ce qu'elle se trouve englobée entre les rides des chaînes archaïques, comme je l'ai déjà indiqué dans un *Abbozzo di Storia Geologica d'Italia* (1892). Cette zone apenninique ne constitue cependant pas un phénomène géologique isolé ; on voit déjà des marques plus ou moins importantes de ses formations dans les Préalpes lombardes et vénitiennes ; mais il faut spécialement noter qu'elle a son correspondant dans la partie extérieure de la chaîne alpine. En effet, au-delà des Alpes, la formation méso-

cénozoïque, quoique séparée partiellement de la zone archaïque alpine principale, au moyen d'un autre pli archaïque, ou du M^t Blanc (M^t Mercantour-M^t Blanc-Innsbruck, etc.), se développe largement de manière à constituer la *Ceinture calcaire des Alpes Maritimes, la zone calcaire du Dauphiné et la zone des Alpes calcaires de la Suisse, de la Bavière et de l'Autriche*.

La zone apenninique diffère cependant par quelques caractères spéciaux de sa constitution géologique de la zone alpine extérieure indiquée ci-dessus et cela spécialement par la curieuse formation des schistes ophiolitifères. Il faut toutefois noter que des phénomènes semblables s'observent aussi dans la zone problématique *du Chablais*, ou zone des Préalpes Romandes, zone qui semblerait un lambeau d'Apennin dont l'explication tourmente actuellement si vivement les géologues transalpins. Lors d'une récente excursion géologique dans le Chablais, j'ai pu constater la presque identité des formations ophiolitiques de cette région avec celles de l'Apennin septentrional.

En outre la chaîne apenninique a certainement des rapports de géo-tectonique avec la zone parallèle appulo-garganique laquelle, tandis qu'elle continue vers le S.-E., savoir vers Corfou et vers la Grèce, se développe peut-être aussi vers N.-O., de manière à aller se relier avec l'émersion du M. Conero dans l'Anconitain. Nous pouvons noter ici que de la zone dalmatique se détache, avec le groupe des îles Sabbioncello, Curzola, etc., une zone secondaire qui se développe vers le N.-O., dans les îles de Lissa, de S. Andrea, du Pomo, etc., avec une direction qui semble aboutir aussi au M. Conero et poursuivre dans l'Apennin septentrional, mais c'est là seulement une apparence. De plus, il ne serait pas impossible que cette émersion du M. Conero fit partie d'une profonde zone, qui, provenant du S.-E., allât aboutir vers le N.-O. contre les préalpes du Véronais, en s'y reliant aux formations semblables qui sont très développées dans cette région.

Cette hypothèse pourrait expliquer 1^o le fait du manque de dépôts pliocènes marins à l'est du lac de Garde, c'est-à-dire l'émersion des Préalpes vénitiennes pendant le Pliocène, comme il se vérifia dans la région dalmatique, 2^o les phénomènes compliqués endogènes-orotectoniques de la région *euganeo-benacense-véronaise*, 3^o les variations profondes de direction et de constitution qui se vérifient dans le bord extérieur des Alpes entre la Lombardie et la Vénétie, 4^o le grand développement et l'enchevêtrement des formations mésozoïques dans la chaîne alpine en cette région, 5^o la formation de la dépression très ample et profonde du lac de Garde, etc.

Au delà des Alpes nous trouvons la grande chaîne du Jura, qui me

semble avoir beaucoup de rapports de position et de structure avec le système appulo-garganique. Ce dernier système eut et a naturellement des rapports géo-tectoniques et aussi orohydrographiques (ancienne *Adria*) assez étroits avec la chaîne parallèle dalmatique, chaîne qui présente un squelette paléo-mésozoïque (affleurant spécialement vers l'est) sur lequel sont appuyés à l'ouest plusieurs plis ou zones méso-cénozoïques.

Ce système dalmatique va vers le S.-E. se relier, latéralement, au système appulo-garganique dans la Grèce; vers le N.-O., au contraire, il va constituer la péninsule istrienne, puis plonge en partie dans le golfe triestin et sous la plaine frioulaine; il reparaît ensuite presque complètement dans les Préalpes vénitiennes, et constitue ainsi ce qu'on appelait tantôt la *zone calcaire méridionale* préalpine, ou interne.

Nous pouvons encore noter incidemment que, la chaîne alpine, considérée dans son ensemble, paraît presque constituée par deux grands plis archaïques, comprimés l'un contre l'autre, savoir un *pli principal intérieur*, et un *pli extérieur* (*zone du M^t Blanc*, etc.); ainsi quand la chaîne alpine plonge vers l'Orient près Gratz, ces deux zones semblent se détacher; celle extérieure ou septentrionale se dirige vers l'E.-N.-E. où elle reparaît puissante dans les Carpathes; celle intérieure ou méridionale se dirige au contraire vers le S.-E., pour reparaître, très étendue, dans le grand système *archaïque turc*, de la Grèce, etc. Or, les chaînes ou zones susnommées, métallifère, apenninique, appulo-garganique, liburnico-dalmatique et dinarique, représenteraient simplement des systèmes principaux de plis, qui se formèrent soit pour représenter en partie la terminaison de la ride alpine, soit pour s'être trouvés pris et comprimés entre le grandiose et ancien pli massif archaïque turco-alpino-tyrrhéno-corso-sarde; la ligne de la plus grande dépression entre ces plis est essentiellement représentée par l'Adriatique. Ce complexe synclinal adriatique se peut encore subdiviser en deux parties: une occidentale (Golfe de Tarente — Basilicate — Capitanate — Adriatique occidentale — Vallée Padane) qui alla se soulevant peu à peu dans les dernières époques géologiques, et une orientale (Adriatique centrale et orientale — Vénétie) qui alla s'abaissant graduellement. Dans l'ensemble, par conséquent, toute la région examinée, malgré de fortes complications et variations, fait encore partie de ce système grandiose de rides, qui, comme des ondes immenses subparallèles, constituent l'oro-plastique et l'orotectonique de l'Asie. Et il ne manque pas ici, comme dans la partie périphérique méridionale de l'Asie, les phénomènes volcaniques, simple résultat des cassures, des failles et des dislocations, qui doivent natu-

rellement accompagner ces grands plissements, ces poussées, compressions et mouvements semblables oro-tectoniques.

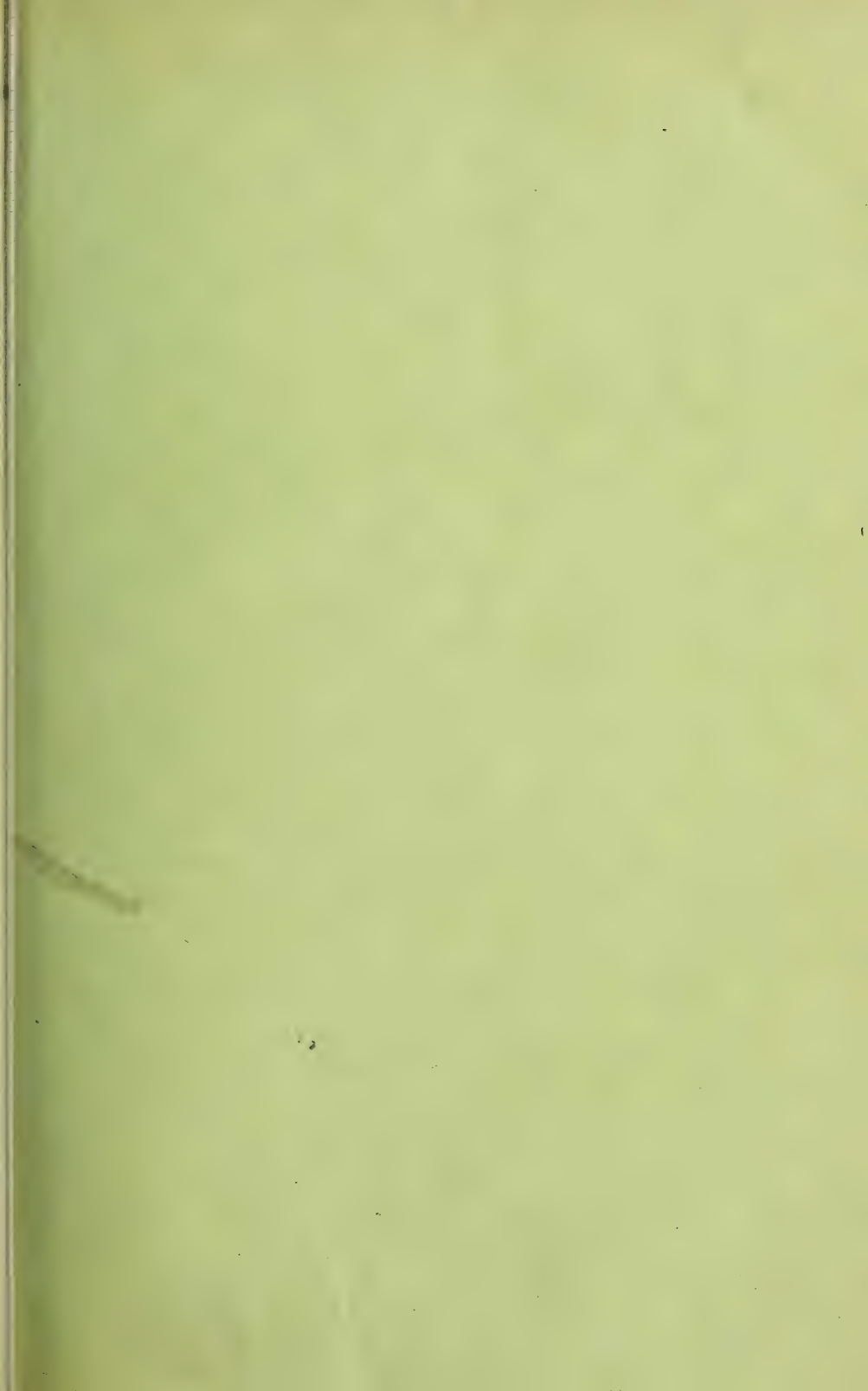
Mais revenons à l'Apennin.

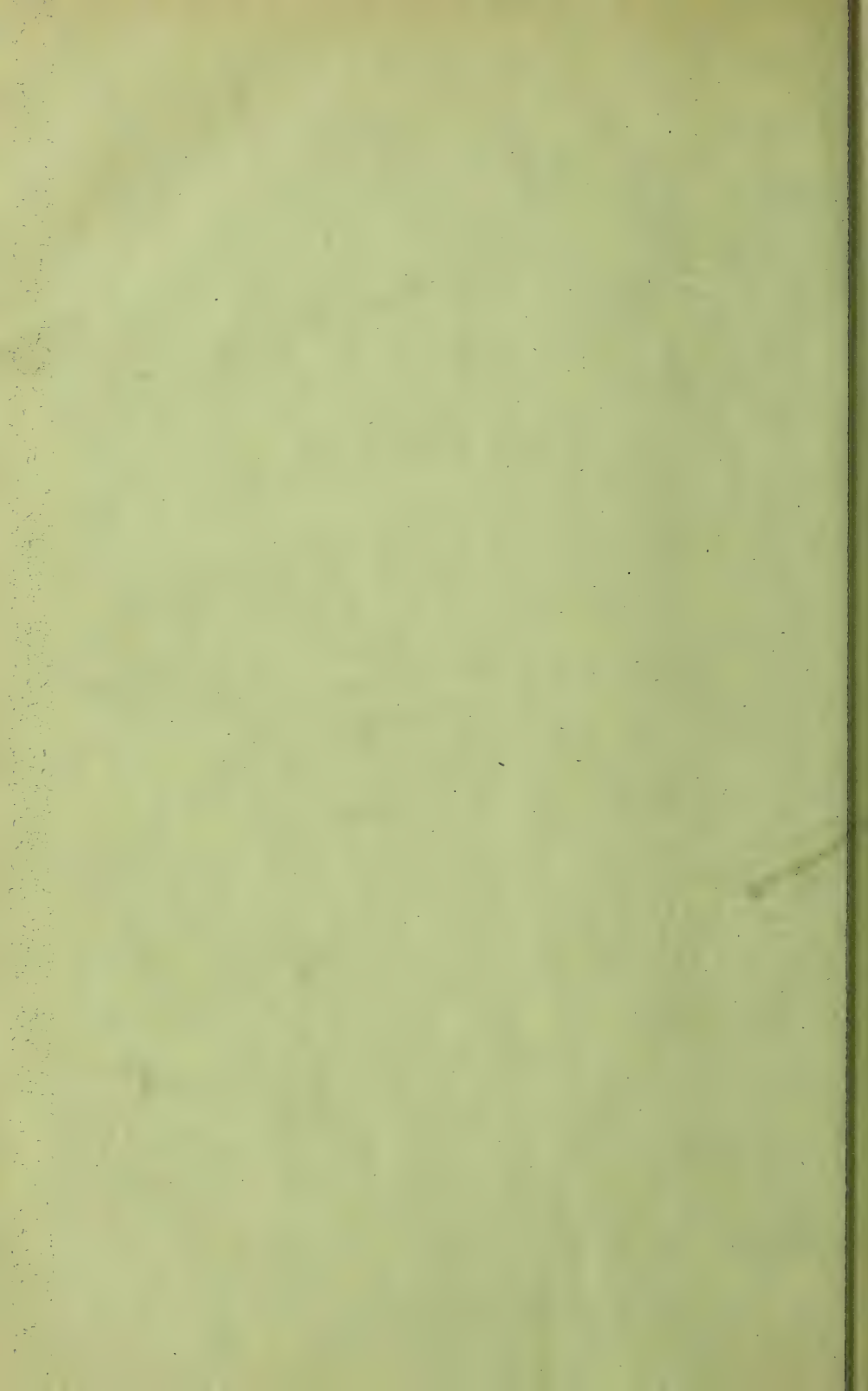
Les rides de l'Apennin sont plus ou moins accentuées, plus ou moins nombreuses; mais, dans l'ensemble, subparallèles et avec une allure générale du S.-E. au N.-O. Ce fait est universellement admis par les géologues, mais l'accord cesse souvent dans l'interprétation des rides, spécialement dans l'Apennin septentrional. En effet, puisque l'on attribue généralement à l'Eocène moyen, ou supérieur, la puissante formation des schistes ophiolitifères, que j'attribue au contraire au Crétacé, il s'ensuit que (comme nous voyons par exemple dans le travail récent de M. De Stefani sur « *Lepieghe dell'Apennio fra Genova e Firenze* ») l'on fait presque toujours correspondre les synclinaux aux lignes que je marquerais comme anticlinales, et vice versa.

Vers le S.-E. la formation apenninique se développe régulièrement jusque dans la Napolitaine; après quoi affleurent les formations mésozoïques, qui, comme dans les Alpes, entourent le massif archaïque calabro-sicilien.

Quant au développement, vers l'occident, de la chaîne apenninique on a généralement l'habitude de la relier, de différentes manières, aux Alpes maritimes, considérant la colline d'Alexandrie et de Turin comme un phénomène de plissement isolé, comme nous le voyons aussi dans l'ouvrage récent et très important de M. Diener (*Der Gebirgsbau der Westalpen*, 1891), dont j'ai adopté en grande partie la nomenclature des zones alpines; presque tous les auteurs indiquent précisément l'Apennin comme une continuation directe de la chaîne alpine.

Or cette interprétation est, géologiquement, essentiellement erronée. De fait, comme je le déclarai déjà en 1890 dans une étude sur la *Géotectonique de la Haute Italie occidentale* (p. 17, 18) et comme je le démontrerai par des études géotectoniques détaillées sur le *Bacino terziario del Piemonte* (1889-90) et sur l'*Apennino settentrionale* (1891), l'axe principal de plissement de l'Apennin septentrional ne va point se rencontrer avec la chaîne des Alpes Maritimes, mais il continue régulièrement son développement dans les collines de Pavie et de Voghèra, s'abaisse graduellement dans les collines de Tortone de manière à plonger sous la plaine de Tortone et d'Alexandrie. Cette disparition rapide et tout à fait locale de la zone apenninique est causée en partie aussi par les puissants dépôts alluviaux produits par le concours des eaux dévalant de la haute vallée du Pô, des deux Bormida, de l'Orba, de la Scrivia, etc. Mais aussitôt après, la ride apenninique se relève, constituant les collines d'Alexandrie, et elle continue ensuite,





BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE
DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE
(BRUXELLES)

NEUVIÈME ANNÉE

TOME IX

FASCICULE II

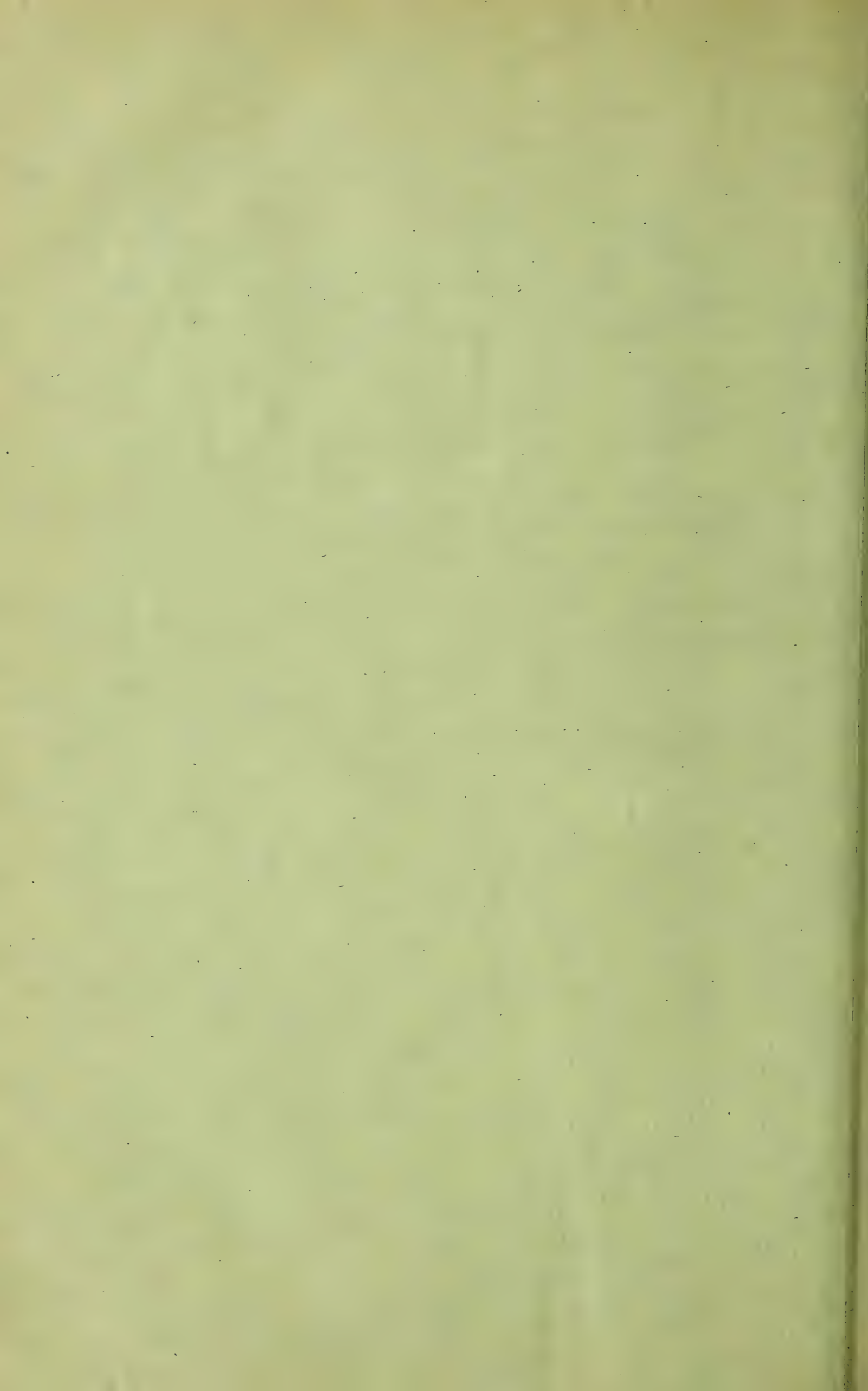
MÉMOIRES : feuilles 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
et 17 (3 pages.)

PLANCHES : II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV et XV.

1895

BRUXELLES
POLLEUNIS ET CEUTERICK, IMPRIMEURS
37, RUE DES URSULINES, 37

Janvier 1896



plus ou moins complexe, son développement ordinaire S.-E. — N.-O. par les collines de Casal, jusqu'à ce que, heurtant contre la chaîne souterraine archaïque, elle est obligée de dévier vers le S.-O. pour constituer les collines de Turin.

Résumant ce qui vient d'être sommairement exposé dans les pages précédentes, nous pouvons donc conclure que la délimitation des Alpes de l'Apennin au col de Cadibona ou à d'autres cols plus occidentaux, est basée seulement sur des données orographiques et géologiques d'une importance secondaire. La chaîne alpine (ou alpino — liguro-tyrrhénienne) de nature archaïque, avec des recouvrements et des zones paléo-mésozoïques, est complexivement indépendante de la chaîne apenninique (ou apenninico — alexandrino — turinoise) de nature mésozoïque avec des recouvrements cénozoïques. Bien que les deux chaînes présentent entre elles des rapports tectoniques, elles sont non seulement bien distinctes géologiquement mais aussi bien individualisées dans leur développement : elles se touchent à peine latéralement dans la Ligurie, et cela précisément dans la *dépression génoise* (Pas des Giovi, dans un large sens), *que l'on doit conséquemment fixer sans aucun doute comme la ligne de division la plus rationnelle des Alpes d'avec l'Apennin*, ligne qui finit vers l'ouest en Piémont dans le grand bassin de l'Astesan.

Musée géologique de Turin. — 5 février 1895.

CONTRIBUTIONS
A LA GÉOLOGIE DES PAYS-BAS VII (1)

LES MÉTAMORPHOSES

DE

L'ESCAUT ET DE LA MEUSE

PAR

le D^r J. LORIÉ.

PLANCHES III ET IV

A la prière de notre zélé Secrétaire, j'ai fait, en vue du Bulletin de notre Société, une traduction, pas absolument littérale toutefois, de mon dernier travail sur les *Métamorphoses de l'Escaut et de la Meuse*, mémoire paru dans le *Journal de la Société royale de Géographie des Pays-Bas*, de l'année 1894.

Ce travail se compose de deux parties, que je traiterai séparément. La première a rapport à l'Escaut en Belgique et est le résultat exclusivement d'études des cartes topographiques; la seconde a rapport à la Meuse dans les Pays-Bas et une petite partie limitrophe de la Belgique; elle représente le résultat d'observations sur le terrain même, complétées par l'étude de quelques-unes des cartes du « Waterstaat » (hydrographiques). Les voies suivies sont donc assez différentes, mais les résultats ne sont nulle part en contradiction, d'autant plus que certaines études originales sur l'Escaut ont été modifiées par moi à un certain degré.

On sait qu'en 1890 M. E. Van Overloop, de Bruxelles, publia un travail très intéressant, accompagné de belles cartes fort suggestives, et basé sur une méthode nouvelle de déductions tirées de certaines allures des reliefs régionaux du sol parcouru et creusé par les déplacements

(1) Les *Contributions* I, II, III, V et VI ont paru dans les *Archives du Musée Teyler*, 1885-1895. Le fascicule IV a paru dans ce Bulletin, t. III, 1889.

successifs d'un cours d'eau. De ce travail intitulé : *Les Origines du Bassin de l'Escaut* il eut la complaisance d'offrir un exemplaire à chacun des membres de notre Société (1). Je crois donc ne pas devoir reproduire toutes les idées et les raisonnements de notre estimé confrère, et je puis me borner ici à exprimer nos divergences de vues. Chacun pourra à son gré comparer les deux mémoires.

J'ai attendu quatre années avant de produire ces amendements aux propositions formulées par M. Van Overloop, principalement parce que je m'occupais à cette époque de recherches analogues sur la Meuse, puis aussi parce que j'avais espéré que l'un ou l'autre des nombreux géologues belges aurait saisi cette occasion pour parler à son tour du même sujet. Cela ne s'est malheureusement pas présenté. Et cependant la question est trop importante et trop intéressante pour demeurer ainsi étouffée. Commençons donc par l'Escaut.

I. — MÉTAMORPHOSES DE L'ESCAUT.

Le travail de M. Van Overloop se base sur l'étude assidue et synthétique des cartes topographiques de la Belgique au 20 000^e, qui portent des courbes de niveau équidistantes de 1 mètre.

Or, ces courbes sont très instructives, mais elles ne donnent pas bien un aperçu de *l'allure générale* de la surface. Elles rendent toutes les petites inégalités du terrain, qui n'ont aucune valeur pour l'objet qui nous occupe : dans chaque petite vallée elles figurent une boucle concave et entre deux vallées un promontoire ou boucle convexe. Pour cette cause, M. Van Overloop a eu l'excellente idée de s'émanciper de tous ces petits détails embrouillants, de remplacer les *courbes de détail* par des *courbes plus générales*, sautant par-dessus le tracé adventif des petites vallées et ne suivant pas les reliefs d'ordre secondaire. Ensuite, l'auteur ne s'est pas servi de toutes les courbes, équidistantes de 1 mètre, mais généralement de celles de 5 mètres, et pour la moyenne Belgique de celles de 10 ou de 15 mètres, à part toutefois quelques exceptions jugées nécessaires et d'ailleurs bien motivées. Il est facile de voir que la courbe de niveau de 109 mètres par exemple, pourra être plus propre à montrer certaines particularités de l'allure du sol que celle de 110 mètres, celles de 57 ou de 131 mètres que celles

(1) Il reste encore un petit nombre d'exemplaires du Mémoire de M. Van Overloop à la disposition de ceux des membres de la Société qui, entrés depuis 1890, pourraient s'intéresser tout spécialement à la question soulevée par le présent travail de M. le Dr Lorie.

(Note du Secrétariat.)

de 60 ou de 130 mètres. Ensuite, il est universellement connu que les rivières, dans leur travail d'érosion, se creusent une vallée, un lit, et qu'elles le déplacent assez souvent à droite et à gauche. Quand la vallée est assez large pour être figurée d'une façon détaillée sur la carte topographique, cette érosion sera marquée par une série de courbes de niveau *symétriques*. Quand la rivière déplace en même temps son lit, ces courbes seront plus *asymétriques*; *parallèles* quand le déplacement latéral est égal en amont et en aval, *divergentes* quand le déplacement est plus grand en aval qu'en amont.

Or, les cartes topographiques, ou plutôt les *courbes* de niveau plus générales, montrent des particularités de ce genre. Celles-ci *peuvent* donc être le résultat du déplacement d'une rivière quelconque. C'est à l'étude géologique *in-loco* de décider s'il en est réellement ainsi et pour autant que je sache, cette étude n'a pas encore été faite. Par conséquent nous avons affaire à une hypothèse assez attrayante, mais discutable. J'ai tâché de la débarrasser de quelques erreurs et côtés faibles et j'en ai renversé l'ordre des idées en partant de l'état actuel des choses et en remontant de plus en plus dans le passé hypothétique. En l'amendant de cette manière, j'ai cru la rendre plus conforme aux réalités.

Examinons donc tout d'abord la carte avec les courbes de niveau générales, dont je viens de parler.

A Anvers, l'Escaut est accompagné d'assez près par la courbe de 7 mètres; de même en amont sur les deux rives. Il est donc très facile de se représenter une érosion de la vallée allant du niveau de 7 mètres jusqu'au niveau actuel. Le premier pas étant fait sur cette pente logique, le second ne coûtera pas davantage et nous gagnons, sans difficultés, le niveau de 10 mètres. En effet, le parallélisme des deux courbes et de la rivière à Anvers saute aux yeux et la convexité de la courbe de 10 mètres ne nous oppose pas d'obstacle sérieux.

Les courbes plus élevées iront évidemment en s'éloignant de la rivière; c'est ce qu'on voit pour celles de 15, 20 mètres, etc., du moins sur la rive droite. Sur la rive gauche, il en est un peu autrement, les courbes y décrivent des cercles, plus ou moins concentriques, qui représentent par conséquent des collines isolées, plus ou moins escarpées. L'une d'elles porte la ville de Saint-Nicolas, il y en a deux autres entre Eecloo et Bruges.

Il est clair que ce *peut* être l'Escaut qui a érodé le versant oriental et méridional de la colline d'Eecloo; mais que dire pour le versant occidental? Quant au versant septentrional il n'offre pas de difficulté puisqu'il représente la pente originelle du sol vers la mer.

Etant admis que les collines des deux côtés de l'Escaut, non loin d'Anvers, ont été séparées par cette rivière, il s'ensuit que les collines de Saint-Nicolas et d'Eecloo *peuvent* avoir une origine semblable. Or, c'est la Lys à côte de l'Escaut qui se trouve devant cet intervalle; elle s'est probablement continuée jadis vers le nord, vers le canal actuel de « Schipdonk » et il nous suffit de relever dans notre pensée le niveau de quelques mètres pour rétablir l'ancien état de choses. Plus tard, la Lys s'est probablement infléchie vers l'est pour suivre la dépression tourbeuse de la « Moervaert » et de la Durme et se jeter dans l'Escaut en aval de Termonde; ceci expliquerait la boucle que forme la courbe de niveau de 7 mètres près de Sas de Gand. Plus tard encore la Lys aurait dévié vers l'est plus en amont encore pour joindre l'Escaut à l'endroit où se trouve actuellement la ville de Gand.

On se demandera : « Comment une rivière peut-elle prendre ainsi *tout à coup* une autre direction, comment la Lys peut-elle tourner *tout à coup* d'Eecloo vers Gand? » Il est fort probable que ce changement ne s'est *pas* manifesté *tout à coup*, mais qu'il s'est produit d'une façon très graduelle. Je voudrais l'expliquer par l'existence *simultanée* de différents bras d'une delta, dont l'un a graduellement dépossédé les autres. Peut-être le bras oriental de la Lys vers Gand était-il assez faible à l'origine et a-t-il gagné de plus en plus d'importance par suite de l'érosion progressive de l'Escaut, creusant son propre lit dans la même mesure et en augmentant ainsi la capacité.

Ceci constitue une des principales divergences entre M. Van Overloop et moi, mon honorable confrère n'invoquant pour sa thèse que les déplacements latéraux d'une même rivière.

Or, à mesure que les bras du cours d'eau s'atrophient et s'assèchent, les îles qu'ils séparaient, deviennent des collines, celles-ci ne peuvent donc pas faire obstacle à ce que nous considérons en amont d'Anvers les « courbes générales » supérieures, à savoir celles de 15, 20, 25, 30, 35 et même 40 mètres, absolument comme nous avons considéré celles de 7 et de 10 mètres. Dans le passé, et à un niveau très élevé, l'Escaut a donc décrit une grande courbe rentrante; dans le présent, et à un niveau plus bas, il en décrit une très petite, qui se rapproche de la ligne droite. Jadis il coulait, suivant un demi-cercle, actuellement à peu près suivant le diamètre; le recul du temps est accompagné d'un recul géographique.

Lorsque l'Escaut coulait au niveau de 40 mètres, il recueillait des ruisseaux latéraux, qui le suivirent dans sa retraite vers les niveaux inférieurs. Telle fut l'origine de la Petite et de la Grande-Nèthe, du Demer et du Rupel.

Lorsqu'on poursuit en amont les courbes de 35 et de 40 mètres, on les voit devenir symétriques près de Tournai ; de ce côté la rivière a donc simplement approfondi sa vallée, sans se déplacer latéralement. La courbe supérieure de 57 mètres est accompagnée en amont, vers Valenciennes, de celle de 69 mètres qui en diverge en aval, mais qui est à son tour parallèle à la courbe de 79 mètres et au cours de la Dendre. Je voudrais voir en ceci, moins un *déplacement* du cours de la Dendre vers l'Escaut actuel qu'une dichotomie d'ancien *delta*.

L'un des bras a été abandonné par le fleuve et est devenu un cours d'eau indépendant, la Dendre actuelle ; l'autre bras a accaparé toutes les eaux et est demeuré le fleuve principal. De cette manière la colline ou l'île de Renaix, avec ses rives gauches, dont M. Van Overloop n'a pas fait mention, n'offre plus d'obstacle, ce qu'on ne peut pas dire quand on ne considère que des déplacements latéraux dans l'évolution de la rivière.

De la même manière divergent les courbes de 79 et 94 mètres, la dernière étant parallèle au cours de la Senne actuelle et aux courbes de 109 et de 119 mètres. Il y a donc certaines bonnes raisons pour considérer également cette rivière comme une ancienne dichotomie de l'Escaut primitif, s'étant produite plus en amont que la précédente. Finalement, la courbe de 131 mètres s'écarte de celle de 119 mètres et se rapproche de la Dyle, à laquelle on pourra, avec quelque fondement, appliquer le même raisonnement.

Les deux dernières courbes, celles de 119 et de 131 mètres s'infléchissent à l'est et ont une tendance à devenir parallèles aux courbes inférieures ; en les poursuivant plus loin on pourra combler la lacune très sensible qui existe dans l'ouvrage de M. Van Overloop entre le bassin supérieur et le bassin inférieur. Ces bassins formaient jadis un ensemble, absolument comme aujourd'hui.

La courbe de 131 mètres est la dernière que nous montre la carte instructive de notre confrère, mais ce n'est pas une raison absolue pour ne pas pénétrer davantage dans le passé. Seulement, il faut l'avouer, la base devient de plus en plus faible pour appliquer notre « raisonnement par analogie ». Toutefois, de même que le cours actuel de l'Escaut suggère des rapprochements avec celui de la Dendre et même de la Senne, on ne peut nier une certaine analogie entre ce cours et ceux de la Dyle et de la Grande-Geete. On pourrait marquer l'affaiblissement graduel de l'hypothèse par les termes suivants.

1° Il est *évident* que l'Escaut a coulé autrefois dans le bassin du Rupel, par Malines et Quaedmechelen, en formant une grande anse au niveau de 40 mètres.

2° Il est *assez probable* que la Senne, plus en amont et la Dendre plus en aval, représentent les vestiges des bras de son delta quaternaire.

3° Il est *possible* ensuite qu'il en soit de même de la Dyle et de la Grande-Geete.

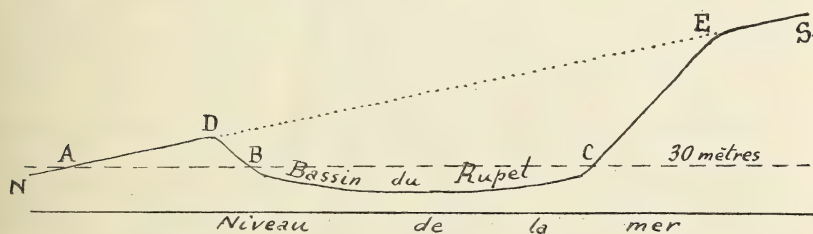
4° On *peut* enfin *s'imaginer* qu'il ait coulé de l'eau de l'Escaut dans la Sambre même.

Ce dernier saut pourra paraître exagéré, mais nous devons nous rappeler que nous venons de franchir déjà deux crêtes de partage de bassins hydrographiques et que les crêtes les plus importantes pour le géographe (Escaut-Meuse) ne le sont peut-être pas toujours autant au point de vue topographique. Du reste, le Geer et le haut cours de la Méhaigne forment un trait d'union entre le stade de la Sambre et celui de la Grande-Geete.

Une des lacunes du travail de mon confrère a trait à la curieuse marche en retraite des courbes de 30, de 25 mètres, etc., au nord de Turnhout. Il est tenté de considérer le bassin actuel du Rupel comme un ancien golfe; je voudrais, quant à moi, en donner une tout autre explication, illustrée par la fig. 1 ci-dessous, et qui rendrait compte en même temps de la retraite de courbes sus-mentionnée.

La pente du sol dans la province du Brabant Septentrional des Pays-Bas me paraît avoir continué de prime abord celle du terrain situé au sud du Demer. A l'apogée de la période diluviale, il s'est formé, à travers le bassin du Rupel, un cône sableux de déjection, ininterrompu du sud au nord. Plus tard l'Escaut, en coulant dans la grande anse, représentée par la courbe générale de 40 mètres et les courbes inférieures, jusqu'à son cours actuel, aurait rongé latéralement ce cône et aurait créé ainsi le bassin du Rupel.

FIG. 1. — *Origine du bassin du Rupel.*



En allant du nord au sud, par exemple suivant le méridien de Turnhout, on traverse trois fois la courbe de 30 mètres. La première fois sur la pente originale extérieure du cône de déjection (A). La seconde

fois, notamment à Turnhout même, sur la pente secondaire intérieure, (B) et la troisième fois, disons à Aerschot, sur la pente opposée (C). En allant plus loin au sud, on sort du bassin du Rupel pour arriver sur la pente primitive du cône de déjection (nord-sud). Tout l'espace qui constitue actuellement ce bassin, a donc jadis été rempli de sable quaternaire, jusqu'à 25 mètres au-dessus de la surface actuelle.

Une chose très curieuse, dont M. Van Overloop n'a pas fait mention, est la concordance plus ou moins exacte de la limite septentrionale du limon de Hesbaye, de Dumont, et des courbes très rapprochées de 15-40 mètres, qui vont de l'ouest à l'est, c'est-à-dire parallèlement à la ligne de séparation des bassins supérieur et inférieur de l'Escaut. Sur ma petite carte (pl. III), qui est une réduction au 2/5 de celle de M. Van Overloop, j'ai indiqué cette limite par une ligne pointillée et il saute aux yeux qu'à Aerschot cette ligne s'écarte des courbes générales pour continuer sa direction vers l'est. Certes, il est intéressant de se demander pourquoi ce limon ne s'est pas étendu plus loin au nord, bien qu'il constitue un sédiment très fin et qu'il soit remplacé en aval par un sédiment plus grossier, le sable. Peut-être la chose tient-elle à des différences d'âge qu'on pourra dans l'avenir mettre en rapport avec les différentes phases de la période quaternaire.

Une importante lacune dans le système proposé est le manque de pente dans les soi-disant lignes de rives, représentées par les courbes générales; celle de 94 mètres par exemple se continue de Valenciennes à Bruxelles. Il va sans dire que l'auteur a très bien senti l'impossibilité d'un pareil état de choses, sachant bien qu'une rivière dont les effets ont été aussi grandioses a dû avoir eu une pente bien sensible. Il a d'abord cherché à y remédier en reliant sur la carte des courbes successives, mais ces tentatives n'aboutirent pas et furent abandonnées. Il a ensuite supposé que la pente actuelle du sol n'est plus la pente primitive et qu'un relèvement du sol, survenu dans l'est ou dans le nord-est aurait causé les déplacements dont nous nous occupons et changé en lignes horizontales les lignes de rivage, primitivement inclinées. Mais cela me paraît être tout à fait impossible.

On peut se représenter, il est vrai, qu'un plan incliné de peu de longueur se transforme en un plan horizontal par suite d'un relèvement du sol unilatéral, quoique cela ne se présente qu'*assez accidentellement*. Seulement l'inclinaison d'une vallée correspond à une surface non pas plane, mais parabolique, et il est *fort improbable* qu'une surface de l'espèce se change en un plan horizontal par une série de relèvements de valeur inégale. Cela ne serait cependant *pas encore absolument impossible*. Mais il est tout à fait *inimaginable* qu'un certain nombre

de ces plans concaves, dirigés en sens très différents, tantôt au nord-est, tantôt au nord, ou bien à l'est ou à l'ouest, se trouvent tous à la fois changés en plans horizontaux. Après quelque réflexion, on reconnaîtra que c'est là une impossibilité.

M. Van Overloop a vu juste quand il a cherché son point d'appui sur les courbes générales, mais il me paraît que la solution doit se trouver ailleurs. Les courbes dont il est question sont plus ou moins parallèles et souvent assez rapprochées l'une de l'autre. Si nous étions en possession des véritables lignes riveraines sur la carte, nous verrions successivement les courbes de niveau abandonner une de ces lignes, pour se rapprocher de la suivante, puis d'une troisième, les coupant toutes ainsi sous des angles très aigus. Parfois on peut considérer, en pratique, les rives comme *parallèles* aux courbes, et M. Van Overloop a eu parfaitement raison, *au cours de ses études sur la carte*, de s'en tenir aux *courbes tangibles* au lieu de vouloir opérer des *lignes de rives insaisissables*. Il faut laisser aux géologues sur le terrain la tâche de fixer ces dernières. La carte de M. Van Overloop n'est donc qu'une *carte d'approximation* de l'ancien système fluvial de l'Escaut, mais de *très grande approximation*. (Pour rechercher les rives anciennes réelles elle sera d'une grande utilité et constituera un procédé de beaucoup de valeur.)

Selon moi, l'hypothèse fondamentale présentée il y a quatre ans par notre confrère a été très heureuse et constitue une innovation ingénieuse, quoique l'application de détail n'échappe pas à la critique. Rejeter la première à cause des objections que provoque la seconde reviendrait, suivant le proverbe allemand, à « verser la baignoire avec l'enfant qui était dedans » et un savant peu expérimenté tombe facilement dans cet extrême.

Sur quelques autres points encore, mes vues diffèrent de celles de mon ingénieux confrère.

Ainsi qu'on le voit sur la carte (pl. III), le mouvement évolutif des courbes synthétiques ne s'opère pas toujours régulièrement, mais souvent avec des boucles importantes, comme si quelque obstacle s'était projeté pour barrer le fleuve. D'abord celui-ci continue à le contourner, mais finalement il est poussé de côté. La jetée s'allonge, soit en s'éloignant de la terre ferme sur laquelle elle s'appuie, soit, au contraire, en tendant vers cette dernière au moyen d'îlots qui vont se soudant les uns aux autres. Or, ces îlots contiennent très souvent des noyaux relevant de formations plus anciennes; il faut y faire bien attention, le terrain n'étant pas dans ces endroits aussi homogène que dans la Basse-Belgique, de sorte que les études qui s'appuient seule-

ment sur la carte, sans contrôle sur le terrain même, deviennent beaucoup plus dangereuses.

Il va sans dire que la croissance de ces presqu'îles n'est pas la cause du déplacement du fleuve, mais plutôt un phénomène concomitant; ce n'est donc que par métaphore qu'on peut dire que *le fleuve est poussé latéralement*.

Suivant les vues de mon confrère, l'Escaut se serait donc jeté originellement dans la Meuse, au moyen de la Sambre, pour déplacer successivement son embouchure en aval, jusqu'à ce qu'elle ait atteint directement la mer et que le fleuve soit ainsi devenu indépendant. Cette indépendance est pourtant assez relative et le résultat d'une intervention extérieure de la mer. Celle-ci a fait des irrptions dans la chaîne de dunes et les tourbières et a créé des criques, comme l'Escaut oriental, l'Escaut occidental, le Zwyn, etc. Or, ces criques se sont prolongées à l'intérieur, jusqu'à ce que la première d'entre elles ait atteint l'Escaut, qui se jetait dans la Meuse, au moyen de l'Eendracht, près de Bergenop-Zoom. De cette manière, l'Escaut fut saigné latéralement et la nouvelle communication ne tarda pas à remplacer l'ancienne, pour être remplacée à son tour par l'Escaut occidental.

Une autre « question à résoudre » est de rechercher ce qui s'est passé dans les Pays-Bas entre les stades du Geer et de l'Eendracht. Une partie de la solution sera donnée quand je traiterai des déplacements de la Meuse.

En passant, j'appellerai l'attention sur une particularité du terrain que figure très bien la carte géologique des Pays-Bas de Staring (feuille 27, Limbourg). C'est le plateau de la Campine belge, entre Maestricht, Bourg-Léopold et Maeseyck, qui s'incline très graduellement vers le nord. A l'est, la pente est très raide et évidemment causée par l'érosion de la Meuse, qui coule parallèlement au talus de ce côté du massif. La pente sud-ouest l'est moins, quoiqu'elle soit encore assez apparente, preuve qu'elle est plus ancienne. Pourtant nous n'avons aucune rivière à laquelle nous puissions rapporter cette érosion. L'hypothèse de M. Van Overloop pourra seule nous servir, puisque les courbes générales de 40, 35, 30 mètres, etc., entre Hasselt et Turnhout, sont suffisamment parallèles pour attribuer la pente à l'érosion de l'Escaut, qui a quitté le chenal du Geer et a déplacé bien en aval son embouchure dans la Meuse.

J'ai déjà mentionné que M. Van Overloop déclarait ne pouvoir comprendre tous ces déplacements qu'en admettant *un relèvement du sol à l'est ou au nord-est*, et je suis parfaitement de son avis.

M. Erens, de Fauquemont, s'est trouvé devant une pareille difficulté

dans son travail : *Le Courant Normano-Breton de l'Epoqueglaciaire*, faisant partie des *Archives du Musée Teyler* de 1892. Il a trouvé des cailloux de la Meuse près d'Aix-la-Chapelle, à 170-180 mètres et à Galoppe (Reymerstok), à 200 mètres même, tandis que la Meuse actuelle coule à Maestricht au niveau de 43 mètres (+ A. P. = 45 mètres + O. P. = niveau d'Ostende) (1). Même en admettant une érosion de la Meuse de 55 mètres à Maestricht (telle qu'elle a été constatée par moi), il faut toujours en arriver à supposer *un relèvement du sol d'une centaine de mètres*, relèvement qui a dû se produire par conséquent *après* le dépôt du Diluvium moséen susmentionné.

Or, il est très séduisant de coordonner ces deux mouvements verticaux hypothétiques, au lieu de les reporter à l'époque alluviale avec M. Van Overloop, qui les met en rapport avec le lac Flévo (noyau du Zuiderzée actuel). Il est vrai que l'amoindrissement du bras oriental du Rhin (Ysel en Gueldre) et l'accroissement du bras occidental (Waal) offrent beaucoup d'analogie avec les déplacements de l'Escaut ; mais il est probable que le premier n'est qu'une reproduction du second sur une échelle moindre. La géologie présente nombre de cas analogues.

L'hypothèse dont nous nous occupons donne une solution à certains phénomènes bien connus mais jusqu'ici inexpliqués, ce qui constitue un fort argument en sa faveur.

En premier lieu, nous mentionnerons l'existence dans le nord de la Belgique, dans le Limbourg, la province d'Anvers et la Flandre de collines, composées de couches de grès pliocène. Nous n'avons qu'à citer la plus importante, celle de Renaix, où le Pliocène monte à la cote 157, tandis qu'à l'est, le terrain descend à 94 mètres et à l'ouest même à 20 et 15 mètres. Il est donc constaté que 140 mètres de dépôts, compris entre l'Éocène et le Pliocène, ont disparu.

En second lieu, l'absence de dépôts quaternaires près d'Anvers, fait qui avait attiré l'attention depuis longtemps. Ce fait s'explique maintenant d'une manière très naturelle, puisque durant la période quaternaire l'Escaut a coulé dans une autre direction. Il serait cependant possible qu'une érosion ultérieure eût entraîné des dépôts qui auraient été réellement formés.

Citons, en troisième lieu, les dépôts quaternaires dans la vallée de la Senne, puissants de 21 mètres et en disproportion évidente avec la

(1) Le *zéro* topographique des Pays-Bas, qui est l'Amsterdamsche-Peil (A. P.) est de deux mètres supérieur au niveau du *zéro* de la topographie belge (Ostendsche-Peil (O. P.)).

petite rivière d'aujourd'hui. Il va sans dire que la Senne quaternaire a dû être plus puissante; mais nous pouvons également invoquer l'intervention de l'Escaut pour expliquer de pareilles masses de graviers. La vallée doit naturellement avoir été érodée en son entier avant qu'elles se fussent déposées : autre exemple de la répétition de phénomènes géologiques.

En quatrième lieu, on trouve dans les Pays-Bas les cailloux de silex généralement associés à des cailloux de granite, etc. Il est donc assez probable qu'ils sont de provenance scandinave. Dans les provinces d'Utrecht et de la Gueldre, on en trouve cependant qui ne présentent pas cette association et qui ont probablement une origine méridionale. Ils peuvent avoir été transportés non seulement par la Meuse, mais aussi par l'Escaut, puisque celui-ci traverse également des couches crétacées.

En cinquième lieu, vient la découverte d'une roche cornée à Nummulites, mentionnée par Staring (Sol des Pays-Bas, II, p. 89), et qui se trouvait être assez énigmatique. La question change quand on admet que l'Escaut a coulé des environs de Bruxelles vers le nord pour se jeter dans la Meuse.

J'ai tâché, dans ce qui précède, de rendre plus admissible l'hypothèse ingénieuse de M. Van Overloop, en l'amendant sous plusieurs rapports et en la débarrassant de certains points vulnérables.

Néanmoins il est certain qu'elle résulte d'études ne s'appuyant que sur la carte et qu'elle n'a pas subi de contrôle sur le terrain même. D'autre part, mes propres recherches sur le terrain dans les provinces méridionales des Pays-Bas, m'ont obligé d'admettre une embouchure de l'Escaut dans la Meuse et cela bien à l'est de l'Eendracht de Bergenop-Zoom. Cette découverte offre un fort appui à l'hypothèse de M. Van Overloop, quoiqu'il faille s'entendre à la voir se réduire avec le temps. Il y a encore loin de l'Eendracht à la Sambre, ou de Breda à Namur.

Quoi qu'on en pense, il serait fort regrettable que l'hypothèse continuât à passer inaperçue en Belgique et elle mérite d'être contrôlée sur le terrain. En d'autres pays, on a recueilli un si grand nombre d'exemples des déplacements les plus curieux de rivières dans la période quaternaire qu'il n'est plus possible de croire que l'Escaut n'ait pas fait de même. Peut-être que ces travaux, publiés en langues allemande et anglaise, sont peu connus en Belgique, et il se peut que ce fait contribue à retarder dans ce pays l'application de ces découvertes.

II. — LES MÉTAMORPHOSES DE LA MEUSE.

Il y a quatre ans environ, je commençai dans les provinces méridionales des Pays-Bas mes études sur les hautes tourbières qui devaient faire suite à celles sur le terrain glaciaire. Elles avaient pour but de découvrir quelles sont les conditions topographiques et physiques du sol, qui rendirent celui-ci susceptible de faire naître une haute tourbière. Mais, comme cela arrive souvent, mes recherches dépassèrent peu à peu mon premier objectif et s'étendirent aux terrains environnants. La conclusion fut que, la Meuse tout d'abord mais aussi l'Escaut, eurent sur le territoire des Pays-Bas un cours assez différent du cours actuel; ces recherches, faites *sur le terrain même*, se trouvèrent donc être le complément désiré des études de M. Van Overloop, plus hypothétiques celles-là et exécutées *sur la carte* seulement.

Deux autres conclusions furent que : 1^o les limites du Diluvium moséen sur la carte géologique de Staring sont inexactes en général et 2^o que la notion des *facies* doit trouver son application dans l'étude du Quaternaire, bien plus qu'on ne le faisait jusqu'ici.

Le Diluvium moséen typique est du gravier ou du moins du sable grossier graveleux, mais il peut aussi se présenter à l'état de sable plus fin sans gravier et même de sablon (sable fin argileux) ou d'argile, sans qu'il doive en résulter l'idée d'une différence d'âge.

Le Brabant Septentrional et le Limbourg à l'ouest de la Meuse se partagent en deux zones plus élevées, séparées par une zone plus basse : le bassin du Dommel. Vers le sud et le sud-est cette dernière zone disparaît, et les deux premières se rejoignent pour former le plateau d'Asch, dans la Campine limbourgeoise.

Commençons par les tourbières du plateau oriental, bordé par les vallées du Dommel et de la Meuse. Il porte en première ligne trois hautes tourbières allongées, dont l'ensemble est assez bien parallèle au cours de la Meuse, dirigé du sud-sud-est au nord-nord-ouest. Ces tourbières sont bordées des deux côtés par des bruyères sauvages qui s'abaissent lentement et passent aux terres cultivées autour des villages.

La partie septentrionale de la première de ces tourbières, du nom de « Domeinen-Peel » est située dans un chenal peu profond, qui s'observe facilement le long de la chaussée de Saint-Hubert à Volkel, se continue au nord dans deux zones de prairies, bordées des deux côtés par des bruyères plus élevées et portant les noms de « Gasthuizer-Peel »

et de « Gras-Peel (1) ». La dépression qu'occupe cette dernière se rétrécit et s'approfondit vers le nord dans la vallée d'un petit ruisseau, le « Hooge-Raam », qui se réunit avec le « Lage-Raam » et se jette dans la Meuse à Grave.

La profondeur de ce chenal du Domeinen-Peel est peu considérable ; le long du chemin de fer de Boxtel à Wesel elle n'atteint pas 1 mètre, plus au sud, dans le « Staartjes-Peel », elle atteint 1^m.60. Les deux rives s'en distinguent pourtant sans peine ; la rive occidentale se poursuit dans la bordure de la tourbière suivante, le « Saint-Antonis-Peel », la rive orientale disparaît sous d'importants amas de sables meubles, les « Ullingsche-Bergen », qui séparent les deux tourbières.

La seconde des trois tourbières, le « Saint-Antonis-Peel » est située dans un chenal apparent, traversé par la chaussée d'Oploo à Gemert et se continuant dans le thalweg d'un ruisseau, qui rejoint le « Lage-Raam », prémentionné. La partie méridionale de cette tourbière, la « Groote-Peel » (grand marais) est également située dans un chenal peu profond ; la partie moyenne au contraire ne se montre encaissée que sur la rive droite. Entre ces deux extrémités, l'eau courante s'est partagée en bras parallèles, marqués par un grand nombre de dépressions allongées, sinueuses, souvent situées dans le prolongement l'une de l'autre. Or, il est évident que ces emplacements ont constitué un terrain très propice à la formation d'une haute tourbière, il en est de même d'une autre catégorie de dépressions, d'une origine très différente. Celles-ci sont également réunies par groupes ; mais beaucoup moins allongées et toujours accompagnées de monticules de sable et elles sont évidemment le résultat de l'action du vent, qui a enlevé le sable dans les endroits occupés par les dépressions actuelles (*pannes*) pour le déposer en formant, à proximité, des collines dunales. Ainsi que cela arrive fort souvent, ces collines d'une part et d'autre part ces dépressions, — soit remplies encore de tourbe, soit excavées de nouveau par l'homme, — forment un véritable chaos sur le bord de la tourbière. En approchant de celle-ci, les dépressions augmentent en nombre et en étendue, pour finir par se confondre ; vers la bruyère, au contraire, elles diminuent et finalement disparaissent.

Des sables mobiles séparent également la tourbière du milieu de celle du sud, mais la séparation qu'ils forment est moins importante que celle dont nous venons de parler. Les deux tourbières méridionales sont situées sur une même ligne, les deux septentrionales se présentent en rejettement.

(1) Le mot « *Peel* » que nous rencontrerons encore plusieurs fois, signifie un terrain marécageux ou du moins humide, *très souvent* une haute tourbière.

La troisième tourbière, la « Peel » par excellence, est de beaucoup la plus importante; la tourbe y atteint parfois une épaisseur de 7 mètres. La bordure orientale est constamment plus élevée que la tourbe, c'est une bruyère sauvage qui s'abaisse lentement et sur laquelle les villages et les champs ne s'élèvent qu'à une certaine distance.

La bordure occidentale est encore plus nette; elle est représentée sur la carte géologique par une longue zone de Diluvium moséen, qui est sensiblement plus élevée que la tourbière adjacente. Pourtant, celle-ci s'élève vers l'est, ce qui ressort des chiffres de la carte du « Waterstaat ». Au sud du chemin de fer d'Eindhoven à Venloo et en marchant au sud, on trouve respectivement pour les rives gauche et droite : 29^m.55 + A. P. (niveau d'Amsterdam) contre 30^m.80 ; 29^m.25 contre 31^m.30 ; 28 contre 32^m.70 ; et 29^m.65 contre 32^m.65. La différence de niveau entre les deux bordures oscille par conséquent entre 1 et 4^m.70. Ces chiffres ne sont cependant pour le géologue que d'une valeur relative, puisqu'ils ont été pris sur des points tout à fait arbitraires et très souvent en rapport avec des travaux d'art qui ne nous regardent pas ici. Il ne sera possible d'obtenir un aperçu sérieux des relations de niveau, que lorsque ces déterminations auront été faites dans des *endroits plus nombreux et désignés par un géologue*, lequel évitera de choisir tous les ouvrages d'art et les *inégalités naturelles* du sol, d'une valeur toute locale, qui déroutent le coup d'œil, telles que les *collines* de sable mobile et les *excavations* qui les accompagnent.

Dans la majeure partie du « Peel » méridional un chenal unique fait donc défaut et se trouve remplacé par un certain nombre de petits chenaux secondaires, plus ou moins parallèles, ainsi que dans le « Peel » précédent. A son extrémité méridionale, un chenal unique apparaît de nouveau fort distinctement, il contient actuellement un grand nombre d'étangs, jadis remplis de tourbe. Il a une profondeur de 3^m.50 à 4^m, car la carte du Waterstaat indique les chiffres de 35 mètres + A. P. près de Meijel sur la rive occidentale, de 34^m.50 près de Beringen sur la rive orientale et de 30^m.90 au milieu. Sa profondeur est cependant très petite, étant donnée sa largeur.

A ce niveau, la pente régulière du nord au sud fait place à une autre en sens inverse, le « Noorderkanaal » (Canal du Nord) et le « Zuid-Willemsvaart » (Canal méridional de Guillaume), qui se trouvent dans le prolongement l'un de l'autre, suivent à peu près la ligne de partage des bassins hydrographiques de la Dieze, qui se jette dans la Meuse en aval de Bois-le-Duc, et du Neer, qui fait de même en aval de Ruremonde. La pente méridionale, vers la Meuse, est accentuée dans le

« Zijkanaal » (Canal latéral) du Noorderkanaal, qui sert en partie à la navigation, mais principalement au drainage des tourbières vers la Meuse, ainsi que l'émissaire belge que je mentionnerai bientôt. Dans la première écluse il y a une chute de 1^m.50, dans la seconde, de 2^m.40, tandis que la troisième section s'écoule vers la Meuse par une chute d'eau et un rapide de 12 mètres de hauteur; la différence totale atteint le chiffre de 16 mètres. C'est donc ici que le problème de la formation des tourbières entre pour la première fois en rapport avec celui de la vallée de la Meuse.

Passons maintenant à la quatrième haute tourbière, le « Peel » d'Asten, village au sud-est de Helmond, non loin du « Zuid-Willemsvaart ». Cette tourbière qui a des contours assez bizarres, est beaucoup moins allongée que les précédentes, mais demeure pourtant dirigée dans son entier du sud-est au nord-ouest. Après quelques essais, on parvint à y constater un chenal unique, qui a la même direction. Il se montre d'abord sur la partie la plus étroite de la tourbière, entre le village de Meijel, qui est beaucoup plus élevé, ainsi que toute la rive orientale jusqu'à Liessel, etc., et celui d'Ospel, dans la direction de la petite ville de Weert. La route à gravier descend visiblement dans la tourbière pour remonter de l'autre côté. Ensuite, on voit très bien le chenal en suivant le « Noorderkanaal » qui traverse la partie méridionale de la tourbière et dont le niveau est en moyenne de 31^m.75. La rive occidentale de la tourbière (entièrement dégradée) près d'Ospel, est à 32^m.75, la rive orientale, près de Meijel, est à 32 mètres et le fond du chenal, à 29^m.40 + A. P., de sorte que le chenal a une profondeur de plus de 3 mètres.

Non loin de ce village d'Ospel, le « Zuid-Willemsvaart » quitte sa direction du nord-est pour prendre celle du nord-nord-ouest, vers Helmond et Bois-le-Duc, et il traverse bientôt une branche latérale de la tourbière, qui occupe également un chenal très distinct. En suivant ce chenal à l'ouest, on le voit s'élargir, mais devenir de moins en moins profond et se perdre en entonnoir dans une bruyère ininterrompue, semée de *vennen* (étangs).

Le bord méridional du « Peel d'Asten » ne laisse voir nulle part une rive plus élevée; c'est un assemblage chaotique de marais, d'étangs, de petites tourbières locales et de collines de sable mobile. En allant au sud, on voit le sol s'incliner lentement et devenir plus sec en même temps, puisqu'on s'approche des ruisseaux de drainage qui composent le « Ruisseau de Roggel », affluent du Neer, que je viens de nommer.

Le bord septentrional de la tourbière, au sud du village d'Asten, est en général plus élevé aussi, par suite de nombreuses accumulations de

sable mobile. Il existe cependant des intervalles naturels, par lesquels les eaux de drainage peuvent s'écouler vers les différentes veines formant la petite rivière de l'« Aa », qui coule dans une large vallée vers Bois-le-Duc. Nous pouvons donc considérer cette vallée comme le prolongement direct de la dépression de la tourbière, de même que les vallées du « Hooge-Raam » et du « Lage-Raam » constituent les prolongements des deux premières hautes tourbières que j'ai prises en considération.

Nous allons nous occuper maintenant de la cinquième haute tourbière, le « Peel » de Weert, petite ville sur le chemin de fer d'Anvers à Ruremonde. De toutes les tourbières, c'est celle dont l'étude m'a causé les plus grandes difficultés, mais la clef, en étant trouvée, vient heureusement corroborer la solution du problème tout entier.

On peut y distinguer de nouveau des rives plus élevées mais dont l'allure est tout à fait inattendue. La direction générale en est assez bien du sud-est au nord-ouest, ainsi que dans la précédente, et le terrain monte vers le sud-ouest ; plusieurs ruisseaux descendent de là vers la tourbière, tels que le « Loozer-Beek », le « Riet-Beek », le « Weert-Beek » et le « Molen-Beek ».

De plus, après bien des courses, je suis parvenu à y tracer deux chenaux, qui se réunissent dans le bas. Le premier se perd en amont dans la bruyère plate, de même que la branche latérale du « Peel » d'Asten ; il commence en entonnoir à l'extrémité nord-ouest de la tourbière et peut être assez bien observé sur la chaussée de Hamont à Bocholt qui le croise. Il suit alors la direction de l'est-nord-est et s'accentue dans deux grands étangs, *vennen*, des noms de « Hoort » et « Ringsel-Ven » pour s'infléchir avec ce dernier dans la direction est-sud-est. Il croise le « Zuid-Willemsvaart » dans un troisième étang ; un ruisseau de drainage mène de là à un quatrième, le « Kalver-Peel », dont l'eau s'écoule dans la « Jungerooische-Beek », en prenant de nouveau la direction de l'est-nord-est.

Le second chenal commence également en entonnoir, il s'accentue dans un étang du nom de « Wijfelter-Broek », pour déboucher ensuite dans le premier chenal. Il contient encore la plupart des restes de la tourbière d'autrefois, et se trouve traversé longitudinalement par l'« Émissaire » belge qui conduit l'eau du « Loozer-Beek » et de la tourbière dans la Meuse à Ophoven, près de Maeseyck. C'est en Belgique le pendant du « Noorderkanaal » néerlandais.

Le troisième des ruisseaux que je viens de nommer, le « Weert-Beek » permet de reconnaître facilement les deux chenaux, qu'il traverse entre des digues assez élevées. A l'ouest et à l'est, ainsi que

dans l'îlot situé entre les deux chenaux, il coule normalement entre des rives élevées et en suivant la direction susnommée de l'est-nord-est.

Le terrain qui sépare ce ruisseau de la Meuse est des plus intéressants ; il contient plusieurs chenaux parallèles dans leur ensemble. Le premier de ces chenaux est caractérisé par une série de « vennen », qui ont évidemment été remplis de tourbe autrefois et servent de trait d'union entre les deux hautes tourbières. Le premier « ven » porte le nom de « Moezel-Peel » ; il est encombré de joncs et de roseaux, et se remplirait de tourbe, si l'homme le laissait en repos. Un second « ven » ne porte pas de nom, il est suivi par le « Boevender-Peel, Sars-Ven, de Baanen », et quelques autres plus petits qui touchent à un marais « De Zoom », faisant partie de la tourbière d'Asten.

Le second chenal, moins long, comprend les « vennen » suivants : « Kalver-Peel, Heeren-Ven », quelques autres plus petits ne portant aucun nom et le cours du ruisseau de « Tungerooische-Beek », qui débouche dans le « Jungerooische-Beek », que je viens de nommer. Il forme ainsi un passage du chenal de la série de « vennen » à celui du ruisseau « Jungerooische-Beek », qui porte plus loin les noms de « Leverooische-Beek » et de « Leur-Beek ». Le quatrième chenal est la vallée du « Molen-Beek », qui se nomme plus loin « Ghoor-Beek » et « Haelener-Beek ». Un cinquième possède le « Tongerloosche » ou « Itter-Beek », qui se jette directement dans la Meuse, tandis que les autres ruisseaux se réunissent pour former la rivière du « Neer », sus-nommée.

Les rives de la Meuse, s'étendant entre ces deux embouchures, constituent un autre argument dans notre raisonnement. Le village de Wessem, près de l'« Itter-Beek », a été bâti sur une rive escarpée, sorte de terrasse, haute d'environ cinq mètres, produite par la Meuse. Or, en suivant d'ici la route de Horn, vis-à-vis de Ruremonde, on passe sur une seconde terrasse, haute de deux mètres, portant le village de Heel, d'une troisième, haute de trois à quatre mètres, portant le village de Beegden et d'une quatrième, haute de deux à trois mètres, où passe la chaussée de Weert à Ruremonde. Or, il ne peut être douteux que la Meuse a dû produire toutes ces terrasses et qu'elle a coulé autrefois au niveau de la quatrième, à savoir sur la plaine sillonnée par les ruisseaux que je viens de nommer.

Elle s'est donc déplacée ici parallèlement au sud-est, en érodant en même temps son lit. Ce fait fournit même une excellente occasion d'étudier la relation qui existe entre l'érosion et le volume de l'eau courante. La pente de la rivière actuelle est inférieure à celle d'autrefois, lorsqu'elle coulait sur la plaine sus-nommée ; on s'attendrait donc

à voir que les différents ruisseaux ont dû approfondir leurs lits dans la même mesure que la Meuse. Il n'en est rien cependant ; les marques d'érosion, très accentuées dans le Neer et dans le cours inférieur de ses premières veines, diminuent rapidement en amont, puis disparaissent totalement, de sorte que les hauts-cours de ces ruisseaux sont marécageux et se convertiraient probablement en hautes tourbières s'ils étaient abandonnés à eux-mêmes. La pente du terrain ne pouvant pas être la cause de ce contraste frappant, il ne reste d'autre alternative que d'y voir la conséquence de la grande différence de volume des eaux.

L'érosion produite dans le cours inférieur de ces ruisseaux et commandée par la Meuse, a donné naissance à un site très pittoresque. En allant du village de Nunhem à celui de Roggel, on monte d'abord sur la rive gauche du « Haelener-Beek » (= « Molen-Beek »), haute de cinq mètres ; on traverse ensuite un petit plateau, puis la vallée du « Leur-Beek » (= « Jungerooische-Beek »), profonde de six à sept mètres. Vient alors un second plateau, auquel succède la vallée du « Zelster-Beek », profonde de sept mètres et finalement la plaine continue, qui monte vers la tourbière d'Asten.

Toutes ces vallées ont des bords très escarpés, ce qui ne laisse pas de frapper celui qui est accoutumé à l'horizontalité bien connue des paysages néerlandais. La nappe souterraine est naturellement très basse sous les étroits plateaux qui séparent les vallées, et la conséquence inévitable en est le développement des sables mobiles, qui accompagnent presque toujours les pentes escarpées dans les terrains sableux.

Nous pouvons donc admettre que les différents chenaux entre les hautes tourbières d'Asten et de Weert et la Meuse seraient d'anciennes branches de cette rivière, qui se retirait au sud-est. Il doit dès lors en être de même des parties de ces tourbières allant jusqu'à la ligne de partage de la Dieze et du Neer. A première vue, il y a beaucoup de différence entre une série de « vennen » et une vallée de ruisseau, mais cette différence est pour nous sans importance, puisqu'elle marque seulement les degrés de l'action érosive, rudimentaire d'un côté, assez développée de l'autre. Ensuite j'ai mentionné que la seconde série des « vennen » se continue dans le court ruisseau du « Tungerloosche Beek » ; puis le « Ghoor-Beek » lui-même devient très marécageux dans son cours supérieur et il présente des expansions qui ne diffèrent point d'un « ven » en train de se remplir de végétation ; enfin il existe un étang très distinct, le « Lange-Ven », dans un chenal accessoire situé entre deux vallées de ruisseau, les « Jungerooische » et « Ghoor-Beek ». Evidemment, une érosion prolongée pourra convertir une

série de « vennen » en vallée de ruisseau ; nous pouvons donc comparer pareille série à une vallée rudimentaire, qui serait à une vallée bien développée ce qu'en zoologie un « type ancestral » est à un « type moderne ».

Or, toutes ces vallées de ruisseaux sont séparées par des lignes de partage hydrographiques ; du moins la carte du Waterstaat les figure et elles existent effectivement. Elles sont cependant en partie factices et tellement insignifiantes qu'on n'en aperçoit rien sur le terrain même. Or, il en est précisément de même de la ligne de partage plus importante régnant dans les hautes tourbières d'Asten et de Weert. C'est plutôt une zone neutre qui sépare les sources de quelques petits ruisseaux qui coulent au nord, d'autres qui coulent en sens inverse. Ces lignes (ou zones) de partage ne doivent donc pas non plus nous gêner et nous pouvons en pensée laisser la Meuse les franchir et suivre la vallée de l'Aa actuel vers Bois-le-Duc.

Les trois tourbières qui s'étendent entre Meijel et Grave peuvent également franchir la barrière et représenter un autre bras oblitéré. Il a formé une rivière continue, en partie un ensemble de bras secondaires divergeant d'abord pour se réunir de nouveau et reconstituer un bras unique, qui a laissé un chenal, encore reconnaissable aujourd'hui. Ce bras a ceci de particulier que sa partie inférieure a suivi d'abord le cours du « Peel » septentrional et de la vallée du « Hooge-Raam » pour se déplacer assez subitement de six kilomètres vers l'est et prendre la direction de la vallée du « Lage-Raam ».

Or, ces deux ruisseaux débouchent directement dans la Meuse et il en est de même de l'Aa de Bois-le-Duc. Reste encore à prouver que les chenaux ont été creusés par des bras de la Meuse quaternaire et non par de petites rivières accessoires.

Il nous faudra pour cela remonter les chenaux afin de trouver une attache avec la rivière actuelle ; c'est un des ruisseaux entre Weert et Ruremonde, qui me conduit le plus loin dans cette direction. Les chenaux plus larges, les hautes tourbières d'autrefois, comme celui du « Kalver-Peel — Ringsel-Ven » sont moins spéciaux puisqu'ils se perdent assez vite en entonnoir dans la bruyère continue ; par exemple entre la chaussée de Hamont-Bocholt et le village de Caulille.

Prenons donc le « Molen-Beek » qui vient du plateau de la Campine limbourgeoise, coule au nord par Meeuwen et Ellicum, s'infléchit à l'est-nord-est, puis à l'est-sud-est, et ensuite de nouveau à l'est-nord-est, sous le nom de « Ghoor-Beek ».

Ce ruisseau prend son origine dans quelques étangs qui sont situés dans un chenal assez distinct ; l'étang supérieur se trouve au niveau de

80 mètres + A. P. (soit à 82 mètres au-dessus du *zéro* d'Ostende). Vers le sud, le train monte jusqu'à 90 mètres et même à 98 mètres + A. P. en s'approchant de plus en plus de la Meuse près de Maestricht, de sorte que nous pouvons admettre que c'est bien cette rivière qui a produit les différents phénomènes d'érosion. Son niveau moyen y est de 43 mètres + A. P. ; l'importance totale de l'érosion atteint donc 55 mètres.

Or, à quelques kilomètres à l'ouest de la source du « Molen-Beek » est celle du Dommel, à 73 mètres + A. P., dont la vallée contraste cependant moins avec la bruyère adjacente. Il n'y a donc pas d'obstacle à regarder également cette rivière, qui coule vers Bois-le-Duc, comme constituant un ancien bras du delta de la Meuse, devenu rudimentaire après avoir été abandonné par l'eau de la rivière.

Le Dommel, comme le « Molen-Beek », le chenal de la haute tourbière de Weert, comme celui de la branche latérale de celle d'Asten, se perdent en amont dans la bruyère continue, les traces d'érosion y manquent entièrement. Par contre, on y observe un grand nombre de dépressions irrégulières, d'étangs ou « *vennen* », qui ne font pas non plus défaut dans les parties plus cultivées et peuplées du Brabant Septentrional et du Limbourg ; seulement, ils y ont un caractère un peu différent. Il y a des dépressions qui sont remplies d'eau l'année entière ; d'autres constituent plutôt des marais, d'autres encore des prairies assez sèches pendant la plus grande partie de l'année, tandis que dans un grand nombre on n'observe aucune différence de végétation avec la bruyère voisine. Ce n'est que par une étude comparée et suivie qu'on arrive à les rapporter toutes à la même cause. Les différences qu'on y remarque ne sont que la conséquence du niveau de la nappe souterraine, niveau réglé par les cours d'eau voisins. Or, partout dans le Brabant (et ailleurs), on voit que les petites rivières et les ruisseaux sont le plus profonds dans leur cours moyen, puisque là seulement ils réunissent à un degré suffisant et la pente et le débit. En amont, c'est le débit qui fait défaut, en aval, c'est la pente, la conséquence en est une diminution dans l'érosion. Sur le territoire des « *vennen* », la bruyère est donc encore dans son état primitif, plus au nord, cet état disparaît sous les traces de l'érosion.

Or, il est évident que les « *vennen* » aussi sont le produit de l'eau courante, non pas tant de l'érosion que plutôt de l'« *évorsion* » (1) ; on pourra les comparer aux « *wielen* », causées par les ruptures des digues en hiver. Ces eaux courantes n'ont donc pas encore suivi de direction

(1) D'après Geinitz : *évorsion* : creusement gyrotoire.

normale, elles se sont répandues tantôt à droite, tantôt à gauche, en creusant toutefois, en tourbillonnant, un grand nombre de dépressions irrégulières. Elles correspondent aux « Eaux sauvages » des français et aux « Wildwässer » des allemands ; ce sont elles qui ont édifié le grand cône de déjection qui constitue les parties limitrophes des Pays-Bas et de la Belgique et qui va en s'aplatissant du centre au pourtour. La conséquence de cette diminution de pente fut l'affaiblissement du courant, qui, pour se maintenir, dut suivre un lit, un chenal défini. C'est ainsi que l'érosion commença au pourtour du cône pour s'avancer lentement en amont, à mesure que les eaux sauvages se calmèrent sous l'action d'un climat moins humide. Toutefois, ce progrès de l'érosion subissait des oscillations évidentes ; en hiver et aux époques de plus grande humidité, les eaux sauvages s'étendaient davantage, gagnant sur les chenaux plus ou moins prononcés, tandis qu'en été et pendant des temps de sécheresse relative, l'érosion pouvait faire des progrès en amont.

L'état actuel du territoire des « vennen » fournit un argument en faveur de la thèse que *les bruyères à « vennen » sont impuissantes à se drainer elles-mêmes*. La pente du terrain y est trop faible, car dans le cas contraire il s'y formerait bien des ruisseaux par le drainage. Ceux qu'on y trouve actuellement, doivent leur naissance à une cause différente ; ils ne sont que les restes des bras du delta quaternaire de la Meuse, qui succéda aux eaux sauvages.

La manière dont la Meuse abandonna ces bras offre encore le sujet de quelques considérations. Il est évident que le chenal des trois tourbières entre Meijel et Grave fut délaissé assez rapidement, sans que le courant qui y passait ait dû subir un affaiblissement. Ce fut le contraire pour le chenal du Dommel, qui fut probablement abandonné lentement par le bras de la Meuse, allant en s'affaiblissant. Le modeste courant d'eau y eut ainsi l'occasion de se creuser peu à peu une petite vallée étroite dans le large chenal, et quand finalement ce bras fut coupé en amont, la vallée se trouva être propre à effectuer le drainage local.

Le troisième chenal, embrassant la tourbière d'Asten et la vallée de l'Aa de Bois-le-Duc, forme une transition entre les deux précédents. Le chenal du Dommel est devenu entièrement une vallée de ruisseau ; celui de Meyel-Grave presque entièrement une haute tourbière allongée avec un ruisseau minime ; celui de l'Aa est une haute tourbière assez importante en amont et une vallée de ruisseau bien développée dans sa partie inférieure.

A côté du Dommel, nous avons mentionné le « Molen-Beek » qui

nous a servi à trouver la relation existant entre les chenaux et la Meuse, nous pouvons y ajouter le Tongelreep, qui se jette à Eindhoven dans le Dommel. La Meuse a donc suivi d'abord une direction inclinant davantage au nord-nord-ouest, tandis que sa direction actuelle, après la suppression des différents bras, pointe davantage vers le nord-nord-est. Un cas de communication coupée, tout à fait analogue et de date beaucoup plus récente, se remarque au nord près de la petite ville de Heusden, non loin de Bois-le-Duc. La Meuse y coulait, il y a quelques siècles, directement à l'est, vers le « Hollandsche-Diep », tandis qu'elle se jetait plus tard dans le Waal en prenant la direction du nord-ouest. La rivière primitive est devenue une crique qui allait toujours s'envasant et qu'on a mise à profit dans ces dernières années pour rendre à la rivière sa direction première. Ce fut assez facile, la Meuse n'y ayant pas érodé son lit ; à Maastricht au contraire elle l'avait approfondi au moins d'une cinquantaine de mètres, de sorte qu'il serait impossible de faire passer là l'eau de la Meuse dans le Dommel ou le Molen-Beek.

Or, *en regardant les cartes*, on voit une analogie frappante entre la Meuse et le Dommel d'une part et l'Escaut et la Dendre (peut-être même la Senne) d'autre part. La Dendre est assez bien dans le prolongement direct de l'Escaut supérieur à Condé ; le fleuve y coule pourtant à une quarantaine de mètres plus bas, de sorte qu'il serait actuellement impossible de le mener de nouveau dans la Dendre. C'est cette analogie entre la Meuse et l'Escaut, le Dommel et la Dendre qui m'a porté à accepter les hypothèses de M. Van Overloop, du moins jusqu'à un certain point.

De même que pour l'Escaut (p. 58), il m'a été impossible de comprendre les déplacements latéraux de la Meuse sans admettre un *relèvement du sol*. Cependant c'est une chose très remarquable que l'Escaut s'est déplacé plus à l'ouest, donc dans la direction présumable *a priori*, tandis que la Meuse s'est plutôt déplacée à l'est, en s'éloignant de la ligne de Waterscheyd (près de Genck) par Weert et Meijel à Grave. On pourra expliquer partiellement cette contradiction par le volume relatif des deux rivières, l'Escaut, plus faible que la Meuse, devant subir plus facilement la poussée latérale due à l'exhaussement du sol.

J'ai pu tracer encore sans trop de difficulté d'autres branches du delta quaternaire de la Meuse. L'un, à l'est de la rivière actuelle, est marqué par une série de tourbières entre Gennep et Venloo, situées dans un chenal, qui possède en outre deux canaux inachevés et destinés à relier la Meuse à Venloo avec le Rhin. Le premier, la « Fossa Euge-

niana » a été commencé en 1627; le second, le « Canal Nord » fut entrepris sous Napoléon et se trouve dans un état plus grand d'avancement.

Le chenal est bordé à l'ouest par une crête peu prononcée, qui porte, près de Venloo, une série de sables mobiles assez importants et, plus au nord, quelques collines de gravier, épargnées par l'érosion. A l'est elle confine à un plateau de gravier, qui sépare les vallées de la Meuse et du Niers, et qui se prolonge jusqu'à la hauteur de la petite ville de Geldern, où commence une série de trois collines, séparées par des dépressions ou vallées. Celle du milieu a été utilisée pour le « Canal du Niers », qui sert au drainage du trop plein de cette rivière. Les vallées du Niers et de la Meuse communiquent donc par trois issues sans doute tournées autrefois par les différents bras du delta quaternaire de cette rivière, et dont un seul subsiste actuellement, à côté d'un autre bras, mais celui-là tout artificiel. En outre, le Niers a débouché dans la Meuse plus en aval encore, à peu près vis à vis de Cuyk-sur-Meuse suivant le chenal actuellement comblé d'une tourbière, appelée « Konings-Veen ».

En amont de Venloo, vers Ruremonde, il y a aussi des traces de cet ancien bras de la Meuse, quoique moins prononcées que celles en aval de la ville. C'est un chenal avec quelques terrains humides, un peu tourbeux, abritant le cours supérieur de trois petits ruisseaux, situés dans le prolongement l'un de l'autre. Tous trois s'inclinent assez brusquement à l'ouest pour se jeter dans la Meuse en subissant dans leur cours inférieur un régime torrentiel. Le chenal est séparé de la rivière par une crête peu prononcée qui porte quelques sables mobiles et se trouve bordée à l'est par le plateau de gravier susnommé se prolongeant vers le sud.

Nous pouvons nous faire facilement une idée de l'allure de l'érosion par les chiffres suivants. A Crèvecœur, près de Bois-le-Duc, la Dieze, produit de l'union du Dommel et de l'Aa, se jette dans la Meuse; le montant de l'érosion y est nul. A la hauteur de Grave, la Meuse actuelle coule à 6^m.80, le bras quaternaire s'y trouve à 15^m.80, l'importance de l'érosion y est donc de 9 mètres. Au village de Neer, en aval de Ruremonde, la Meuse coule à un niveau moyen de 12^m.50 et le commencement du chenal des tourbières entre Meijel et Grave se trouve au niveau de 31 mètres, ce qui donne une érosion de 18^m.50, tandis que entre Asch et Maestricht l'érosion a atteint la hauteur de 55 mètres (98 — 43).

Le chenal de la rive droite que je viens de citer, se trouve plus bas que celui de la rive gauche, il est plus récent par conséquent. A Venloo,

la différence de niveau avec la Meuse actuelle est de 10 mètres, à Boksmeer, de 8 mètres, de sorte qu'on y observe de nouveau le phénomène de l'érosion, augmentant en intensité d'aval en amont.

Passons maintenant de l'autre côté du Dommel, où l'on rencontre une petite « haute tourbière » entièrement dégradée, non loin du village belge de Lommel, dans la Campine limbourgeoise. Cette tourbière s'est formée dans un chenal très distinct, qui, en amont, se perd de nouveau en entonnoir dans la bruyère continue et avec une profondeur de 2 mètres environ sur une largeur de 600 mètres. En aval il ne se prolonge pas directement dans le ruisseau « Beerze », mais dans une bruyère plate, dans laquelle ce ruisseau a été prolongé pour drainer la dépression. L'eau courante, après avoir érodé le chenal, s'est donc de nouveau dispersée, pour éroder plus en aval la vallée du ruisseau. Évidemment celui-ci et le chenal ne font qu'un; le premier se jette dans le Dommel, le second a une direction du nord-nord-ouest au sud-sud-est, qui converge assez bien avec le Dommel supérieur, de sorte qu'il est naturel de considérer aussi ce chenal comme creusé par un ancien bras du delta de la Meuse.

La province du Brabant Septentrional se compose, comme nous venons de le dire, de deux parties plus élevées et d'une partie moyenne, plus basse : le bassin du Dommel.

Or, la partie plus élevée occidentale possède une haute tourbière assez étendue, qui de nos jours est presque entièrement privée de tourbe. Elle se trouve au sud-ouest de Breda et a des contours irréguliers, qui permettent pourtant d'y distinguer quatre racines, situées sur le territoire belge, un tronc assez court et deux branches.

Il est presque superflu de dire que, en amont, ces racines se perdent en entonnoir dans la bruyère voisine. On y voit facilement la position plus basse du fond de l'ancienne tourbière; de là un contraste très frappant entre les prairies et les marais d'un côté et les champs cultivés avec les bruyères de l'autre. La veine ou racine occidentale se trouve près des hameaux de Nieuwmoer et de Wildert; la moyenne qui est aussi la principale, dans le voisinage du hameau de Witgoor et de la station de Calmpthout; elle est séparée par des sables mobiles de la racine orientale près du hameau de Steertheuvel, vers Wustwezel. La quatrième veine joue aussi le rôle d'un affluent de la dépression, elle est située plus au nord-est et entièrement sur le territoire néerlandais. Au midi la rive y est presque imperceptible, comme d'ordinaire, mais à l'est et surtout au nord, elle est très prononcée et assez raide, haute de un à deux mètres près du hameau d'Ostaye. La cause de ce phénomène

est facile à saisir; les eaux sauvages, venant du sud-ouest, se sont concentrées, ont creusé un chenal, en se courbant au nord puis à l'ouest; la rive droite ou concave est par conséquent la plus prononcée.

Le tronc ou chenal commun a également des rives accusées en contre-haut, près des hameaux de Lavybosch et d'Achtmaal sur la rive droite et de Hoogemoer et Schijf sur la rive gauche. Près de ce dernier village, il se divise en deux branches de longueur très inégale. La plus grande, celle du nord-ouest, constitue moins un chenal unique qu'un assemblage de chenaux secondaires parallèles, situés sur une faible pente du nord-ouest au sud-est. On y voit aussi un certain nombre de ces étangs ou « vennen », qui sont souvent alignés dans les chenaux secondaires.

La seconde branche est beaucoup plus petite, elle est située dans un chenal distinct, dont la prolongation est constituée par le ruisseau « Bijloop », qui reçoit un petit ruisseau latéral drainant la branche principale de la tourbière. Le « Bijloop » (fossé latéral) est le seul ruisseau de drainage *naturel* et porte son nom bien à tort aux yeux du géologue. On le lui a donné, puisqu'il *coule à côté* de l'« Yzermolensche-Turfvaart », qui est pourtant un petit canal artificiellement creusé, ayant servi au drainage de la tourbière et peut-être aussi au transport de la tourbe par de très petits bateaux.

La branche principale de la tourbière est le résultat d'une érosion rudimentaire sur un terrain peu incliné et d'un drainage insuffisant. La branche mineure s'est formée dans un chenal unique, où l'érosion a par conséquent été poussée plus loin; concentrée de la sorte, elle s'est trouvée mieux drainée par le « Bijloop » lui-même; de là le développement moins facile d'une tourbière; aussi cette dernière est-elle restée notablement plus petite en cet endroit. C'est surtout ici que j'ai eu l'occasion d'observer la lutte entre le drainage et l'extension de la tourbière. Tout ce qui fait obstacle au premier, active la seconde, par exemple le remplissage des ruisseaux par une forte végétation des sphaignes. Il en résulte une sorte de boue, de bouillie, et le terrain opère comme une éponge d'où l'eau ne s'écoule plus, malgré une pente très visible du terrain.

L'Aa (de Breda) est parallèle aux deux branches de notre tourbière et coule dans un chenal qui s'est converti en vallée de ruisseau, puisqu'il n'a été abandonné que très graduellement par l'eau courante étrangère. Le drainage n'y est plus rudimentaire, mais achevé et par conséquent il ne s'y est point formé de haute tourbière. Le petit chenal du Bijloop, avec sa petite haute tourbière, tient donc le milieu entre la grande haute tourbière et la vallée de l'Aa. Le drainage y

est plus rudimentaire que dans la vallée, moins cependant que dans la branche principale de la haute tourbière. Or, en prolongeant dans la pensée la vallée, à partir de Breda par Wustwezel, on arrive à Anvers et à l'Escaut, aussi est-il fort naturel d'attribuer cette vallée au travail d'érosion de cette rivière dans une de ses phases primitives. Il n'y a aucune raison de penser ici à la Meuse, de même qu'il n'y a aucune raison de penser à l'Escaut en traitant de la petite haute tourbière de Lommel avec son ruisseau de drainage la « Beerze ». Quant aux ruisseaux intermédiaires le « Reusel », le « Voorste Stroom », la « Donge » et le « Mark », on pourra les considérer comme les branches intermédiaires du delta quaternaire commun de l'Escaut et de la Meuse. L'un dominait à l'ouest, l'autre à l'est ; entre deux les eaux se mêlaient, précisément comme il advient de nos jours pour les eaux du Rhin et de la Meuse.

La haute tourbière de Breda, mise en rapport avec l'Escaut, offre un fort argument à l'hypothèse de M. Van Overloop (sauf peut-être à en diminuer le cadre). Je suis très porté à considérer la rivière de l'« Eendracht », de Bergen-op-Zoom, comme la dernière embouchure de l'Escaut dans la Meuse et j'ai fait connaître maintenant l'Aa (de Breda) et la tourbière de Breda comme des stades antérieurs très probables. Comme stade intermédiaire je pourrais y ajouter le « Roosendaalsche-Vliet ».

Résumant ce qui précède, je suis parti de la question : « *Pourquoi s'est-il formé des hautes tourbières dans le sud des Pays-Bas en tels et tels endroits et non en d'autres ?* » Bientôt pourtant cette question s'amplifia en la suivante : « *De quelle manière le paysage s'est-il formé dans le sud des Pays-Bas ?* »

En somme, tout cela est uniquement l'œuvre de l'eau courante. Sous son premier régime, celui des « Eaux sauvages », sortant des Ardennes, pendant la période quaternaire, l'eau courante édifia un vaste cône de déjection s'aplatissant graduellement du centre vers le pourtour. Il ne s'y manifesta d'abord aucune érosion, seulement les courants impétueux affouillaient un grand nombre de dépressions irrégulières, les « vennen », dont une bonne partie se remplirent ensuite de tourbe. Les bruyères étendues, qui ne possèdent que de pareils étangs, constituent donc le *type ancestral, ou conservateur*, du terrain.

Les débuts de l'érosion se manifestèrent au pourtour du cône de déjection, où le courant était le plus faible et où l'eau ne pouvait donc plus s'écouler sans suivre des chenaux déterminés. Peut-être ce début se produisit-il déjà à l'apogée de la période diluviale ; en tout cas l'érosion fit des progrès réguliers au déclin de cette période. Elle progressa

de bas en haut, en allant de la circonférence au centre, et la vaste nappe des Eaux sauvages se transforma peu à peu en un réseau, en un delta compliqué, formé de nombreux bras de la Meuse, très larges en comparaison de leur profondeur. Parfois un chenal peu profond se trouva remplacé par un système de chenaux secondaires, sur une pente transversale. On observe ces deux « *types* plus modernes » ou « *moyens* » principalement dans la série des trois hautes tourbières entre Meijel et Grave, et dans celles de Lommel et de Breda; ils apparaissent moins dans celles d'Asten et de Weert. Tous ces chenaux peu profonds commencent vers le haut en entonnoir dans la bruyère à « *vennen* », où les deux premiers types passent imperceptiblement l'un dans l'autre. Ces chenaux se remplirent également de tourbe et ils constituent la grosse part des tourbières du Brabant et du Limbourg.

A mesure que le climat s'améliora et devint moins humide, ces chenaux furent successivement abandonnés par l'eau de la Meuse et de l'Escaut. Cet abandon fut tantôt assez rapide, comme pour la série des trois tourbières et pour celle de Breda, tantôt si graduel que le chenal put se convertir en une vallée ordinaire, assez profondément érodée pour concentrer l'eau souterraine des environs, qui y alimenta de la sorte une petite rivière locale. Telle fut l'origine du Dommel, du Tongelreep, de l'Aa de Breda, etc. Ce *type moderne* est relié au « *type moyen* » dans la vallée de l'Aa de Bois-le-Duc, qui est vallée de rivière dans sa partie inférieure, et chenal de haute tourbière dans sa partie supérieure. Ce dernier passe à son tour par une veine latérale dans le *type ancestral*. Nous avons donc ici les trois types réunis. Il en est de même de la petite branche de la tourbière de Breda avec la vallée insignifiante du Bijloop.

Un des derniers bras du delta de la Meuse est représenté par la série des tourbières en aval de Venloo, qui se trouvent à 10^m.80 au-dessus de la rivière actuelle. Le dernier bras qui survécut fut la Meuse actuelle, qui a considérablement érodé son lit (55 mètres près de Maestricht); les marques de cette érosion sont évidentes dans les terrasses qui s'étagent sur ses rives, surtout en amont de Ruremonde, où je les ai suivies spécialement.

Ce serait une question très intéressante que de rechercher dans laquelle des phases de la période quaternaire ces phénomènes d'érosion se sont accomplis. D'un côté presque tous les phénomènes quaternaires, dans les provinces moyennes et septentrionales des Pays-Bas, se rattachent à la première (ou avant-dernière) extension de la glace scandinave, de sorte qu'on serait fort tenté d'y raccorder les phénomènes en question. D'un autre côté, la profonde érosion de la Meuse

et la formation des hautes tourbières se rattachent ostensiblement à la période actuelle, de sorte qu'on serait tenté de les placer dans la dernière partie de la période quaternaire.

J'ai montré que l'histoire de la tourbière occidentale, celle de Breda, est la même que celle des tourbières orientales, sauf que nous devons invoquer les eaux de l'Escaut pour la première et celles de la Meuse pour les dernières. Très probablement l'Escaut aussi a eu ses Eaux sauvages et son delta compliqué, qui alla se simplifiant à mesure de l'amélioration du climat. Pourtant les déplacements latéraux ne jouent qu'un rôle secondaire dans l'histoire de la Meuse, et on se demande naturellement s'il ne faudra pas en diminuer l'importance dans l'hypothèse de M. Van Overloop et les remplacer autant que possible par l'extinction successive des bras d'un delta compliqué. J'ai déjà fait quelques efforts dans cette direction et ce sera l'étude du terrain même qui devra les compléter.

Il faut reconnaître cependant qu'*a priori* l'Escaut a probablement subi des déplacements latéraux plus importants, à la suite du relèvement du sol dans le Limbourg, etc., puisqu'il constitue une rivière moins puissante et devant par là même obéir plus facilement aux poussées latérales.

L'avenir nous donnera sans doute la solution de ces divers problèmes intéressants.

Utrecht, février 1895.

SUR

LA PHYLOGÉNIE DES DIPNEUSTES

PAR

Louis Dollo,

Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique,
Président de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie,
à Bruxelles.

PLANCHES V-X.

à M. R. H. Traquair, M. D., LL. D., F. R. S.,
au Maître incomparable en Palæichthyologie.

I

INTRODUCTION.

I. DÉFINITION. — Je désigne, ici, sous le nom de *Dipneustes*, les Dipneustes proprement dits, au sens restreint du mot, à l'exclusion des Arthrodères (1).

II. HISTORIQUE. — 1. Un des naturalistes les plus compétents en cette matière, M. A. S. Woodward, Conservateur-adjoint du Département géologique, au British Museum, écrivait, en 1891, à propos de l'évolution des Dipneustes (2) :

« Concerning the evolution of the Dipnoi, palæontology as yet affords no information. So long ago as the Devonian period, there were members of the subclass agreeing precisely with the existing

Ceratodus in the development of the fins and the axial skeleton of the trunk. At that remote period, too, the chief part of the dentition had assumed the form of great plates upon the splenial bones and the palate; and the principal difference between such a type as *Phanero-pleuron* and the existing genus just mentioned seems to consist in the comparative fewness of the cranial roof-bones in the latter and the absence of membrane-bones on the margin of the jaw. The typical Dipnoi of the Devonian period had, indeed, already become more specialized than any known in later times; *Dipterus* exhibiting differentiated dorsal fins and a heterocercal tail. »

M. Woodward considère donc la diphycercie de *Ceratodus* comme une diphycercie primitive (ou *diphycercie* vraie), et non comme une diphycercie secondaire (ou *géphyrocercie* (3)).

2. En 1893, M. R. H. Traquair, Conservateur des collections d'Histoire naturelle du Museum of Science and Art, à Edimbourg, — dont tous les travaux sont de véritables modèles de précision, — comparant entre eux *Dipterus Valenciennesi*, *Dipterus macropterus*, *Scaumenacia curta* et *Phaneropleuron Andersoni*, s'exprime ainsi (4) :

« As a matter of evolution the series would of course be reversed, *Phaneropleuron* being first and *Dipterus Valenciennesii* last. »

M. Traquair regarde donc, également, la diphycercie de *Phanero-pleuron* comme une diphycercie primitive (ou *diphycercie* vraie), et non comme une diphycercie secondaire (ou *géphyrocercie*).

3. Cependant, dès 1882, F. M. Balfour et M. W. N. Parker (ce dernier, actuellement, Professeur de Biologie à l'Université de Cardiff), — se basant sur la structure de la nageoire caudale de *Ceratodus*, — déclaraient (5) :

« The above considerations appear to us to show with very considerable probability that the true caudal fin of the Dipnoi has become all but aborted like that of various Teleostei; and that the apparent caudal fin is formed by the anal and dorsal fins meeting round the end of the stump of the tail. »

Balfour et M. Parker estiment donc, eux, que la diphycercie de *Ceratodus* n'est pas une diphycercie primitive (ou *diphycercie* vraie), mais une diphycercie secondaire (ou *géphyrocercie*).

Toutefois, ils ne tirent de là aucune déduction, quant à l'évolution, ou à l'origine, des Dipneustes.

4. Et, tout récemment, en 1894, M. B. Dean, Professeur de Biologie au Columbia College, à New-York, — s'appuyant sur la structure de la nageoire caudale de *Cladoselache*, et sur des considérations embryologiques, — concluait (6) :

« Diphycercy in its existing conditions, with radials developed, as in *Ceratodus*, is, in the opinion of the present writer, a specialized, perhaps more strictly a degenerate condition, directly comparable with géphyrocercy, as shown in *Echiodon*, figured by Ryder. »

M. Dean est donc, aussi, d'avis que la diphycercie de *Ceratodus* n'est pas une diphycercie primitive (ou *diphycercie* vraie), mais une diphycercie secondaire (ou *géphyrocercie*).

Pourtant, lui, non plus, ne tire aucune déduction de son interprétation, quant à l'évolution, ou à l'origine, des Dipneustes.

III. BUT DE LA PRÉSENTE NOTE. — 1. Je me propose, dans ce travail :

1. De démontrer, à l'aide d'arguments autres que ceux employés par mes prédécesseurs, que la *diphycercie* des *Dipneustes* est bien réellement une diphycercie secondaire, ou *géphyrocercie* ;

2. De faire ressortir les conséquences qui en résultent pour l'*origine*, l'*évolution* et la *descendance* (? Batraciens) de ces Poissons.

2. Mais, avant d'aborder mon sujet, c'est, pour moi, un agréable devoir d'adresser mes plus vifs remerciements :

1. A M. *Traquair*, pour la bonté qu'il a eue de préparer, spécialement à mon usage, avec son expérience consommée, des *restaurations originales* de *Dipterus Valenciennesi*, *Dipterus macropterus*, *Scaumenacia curta* et *Uronemus lobatus* ;

2. A M. *E. R. Lankester*, Professeur à l'Université d'Oxford, pour l'obligeance qu'il a montrée en me communiquant l'épreuve d'une des planches de son mémoire sur *Lepidosiren*, qui doit paraître incessamment dans les *Transactions* de la Société zoologique de Londres ;

3. A M. *A. Geikie*, Directeur-général du Service géologique du Royaume-Uni, à Londres, qui, avec sa bienveillance habituelle, a été assez aimable pour me transmettre diverses données stratigraphiques sur le Dévonien de l'Écosse ;

4. A M. *J. Bohl*s, Assistant au Musée d'Histoire naturelle de Hambourg, qui a eu la complaisance de me faire connaître les Poissons recueillis par lui avec *Lepidosiren* ;

5. A M. *G. A. Boulenger*, Assistant au Département zoologique du British Museum, qui m'a envoyé, à plusieurs reprises, d'importants renseignements sur *Periophthalmus Kœlreuteri* et sur *Rhamphichthys Blochii* ;

6. A M. *Woodward*, qui m'a permis de profiter des épreuves relatives à *Ætheolepis*, — du texte de la troisième partie de son Catalogue des Poissons fossiles et de la planche IV de son mémoire destiné au

recueil du Service géologique de la Nouvelle Galles du Sud, — actuellement sous presse ;

7. A M. G. B. *Howes*, Professeur au Royal College of Science, à Londres, qui a bien voulu me prêter un ancien volume (1859) du *Quarterly Journal of Microscopical Science*, que je n'avais pu me procurer en Belgique.

II

ÉVOLUTION DES DIPNEUSTES.

I. PALÉONTOLOGIE. — 1. Considérons la série formée par les *Dipneustes* actuellement *bien définis*, et plaçons-nous au point de vue de la nature de la *nageoire caudale* et de la *distribution stratigraphique*. Nous aurons (7) :

DIPNEUSTES.	QUEUE.	AGE.
1. <i>Lepidosiren</i> .	Diphycerque.	Holocène (= actuel).
2. <i>Protopterus</i> .	—	—
3. <i>Ceratodus</i> .	—	Trias, Jurassique, Holocène.
4. <i>Gosfordia</i> .	—	Trias.
5. <i>Conchopoma</i> .	—	Permien.
6. <i>Sagenodus</i> .	—	Carbonifère, Permien.
7. <i>Ctenodus</i> .	—	Carbonifère.
8. <i>Uronemus</i> .	—	Carbonifère inférieur.
9. <i>Phaneropleuron</i> .	—	Dévonien supérieur (part. sup.) (8).
10. <i>Scaumenacia</i> .	Hétérocerque.	— — (— inf.) (9).
11. <i>Dipterus macropterus</i> .	—	— inférieur (— sup.) (10).
12. <i>Dipterus Valenciennesi</i> .	—	— — (— inf.) (11).

2. Il me semble que ce tableau est assez significatif, et que, à moins de nier l'enchaînement des *Dipneustes* dans le temps, c'est-à-dire l'Évolution elle-même, il faut regarder la *diphycercie*, chez ces Poissons, comme *secondaire*; en d'autres termes, comme une *géphyrocercie*.

3. Je sais bien qu'on peut ici, comme toujours, plaider l'*insuffisance des documents paléontologiques*, — d'ailleurs, très réelle, en la plupart des cas, — et prétendre que, tôt ou tard, on découvrira des *Dipneustes* diphycerques dans le Silurien.

C'est possible. Mais rien ne le prouve jusqu'à présent. Tenons-nous en donc aux faits établis aujourd'hui.

Remarquons encore, cependant, que tous les Poissons connus du Silurien sont hétérocerques.

4. Et comment, d'un autre côté, *si les ancêtres de Phaneropleuron étaient diphycerques*, ces ancêtres ne se seraient-ils conservés nulle part, du Canada à l'Europe occidentale, depuis la partie inférieure du Dévonien inférieur (inclusivement) jusqu'à la partie supérieure du Dévonien supérieur (exclusivement), — alors que les restes des Dipneustes hétérocerques contemporains sont parvenus jusqu'à nous ?

5. Comment, aussi, la *spécialisation supposée de Dipterus* (corps fusiforme + nageoires impaires discontinues + queue hétérocerque), qui aurait pris naissance durant le Dévonien inférieur, ne s'est-elle plus jamais reproduite depuis, — s'il s'agissait là d'une *spécialisation véritable* ?

On peut objecter, il est vrai, que les mêmes conditions d'existence, sous l'influence desquelles la sélection naturelle avait fixé cette forme, n'ont plus été réalisées par la suite.

De l'Écosse (*Ctenodus*) au Cap de Bonne-Espérance (*Ceratodus capensis*) ? De l'Inde (*Ceratodus hislopianus*) à l'Australie (*Gosfordia*) ? De la Prusse rhénane (*Conchopoma*) à l'Amérique du Sud (*Lepidosiren*) ? — Et du Carbonifère (*Uronemus*) à nos jours (*Protopterus*) ?

C'est encore possible. Mais l'hypothèse est purement gratuite. De plus, invraisemblable. Car, dans cet espace immense et pendant cette longue période, beaucoup de Poissons ont vécu, dont le contour extérieur et les nageoires impaires rappellent absolument *Dipterus*.

Preuve évidente qu'il y eut, sur notre globe, depuis la fin de l'époque dévonienne, des milieux compatibles avec la présence de types dip-téroïdes.

6. Je ne veux pas méconnaître, non plus, que des *Organismes très spécialisés* aient pu se développer de bonne heure et aient disparu sans laisser descendance.

Tels, *Anoplotherium*, *Diplopus*, *Elotherium*, *Xiphodon*, parmi les Mammifères ; *Hesperornis*, parmi les Oiseaux ; les *Ichthyosauriens*, les *Mosasauriens*, les *Plésiosauriens*, les *Ptérosauriens*, parmi les Reptiles.

Mais ces êtres sont, alors, précédés, dans le temps, par d'autres plus primitifs : les premiers, par *Phenacodus* ; le second, par *Archæopteryx* ; les derniers par *Palæohatteria*.

Tandis que, pour les *Dipneustes*, ce serait, justement, *le plus ancien* (*Dipterus Valenciennesi*, de la partie inférieure du Dévonien inférieur) qui serait *le plus spécialisé* !

A ce propos, je n'ignore pas qu'il est permis de soutenir qu'on découvrira, dans l'avenir, un Dipneuste diphycerque, encore plus ancien, souche commune de l'intégralité de ses successeurs, qui serait le plus primitif de tous.

C'est toujours possible. Cependant, il n'y a pas, actuellement, le moindre indice en faveur de cette prévision. Nous ne pouvons donc nous baser sur cette simple affirmation.

7. D'autant moins que, — d'après ces vues, — dans l'état présent de nos connaissances, — non seulement le Dipneuste le plus ancien serait le plus spécialisé, — mais *la spécialisation irait régulièrement en croissant*, — pour le groupe entier, — au fur et à mesure qu'on s'enfonce dans les terrains.

Nous avons, en effet (12) :

DIPNEUSTES.	NAGEOIRES IMPAIRES.	AGE.
1. <i>Lepidosiren</i> .	Continues.	Holocène (= actuel).
2. <i>Protopterus</i> .	—	—
3. <i>Ceratodus</i> .	—	Trias, Jurassique, Holocène.
4. <i>Gosfordia</i> .	—	Trias.
5. <i>Conchopoma</i> .	—	Permien.
6. <i>Sagenodus</i> .	—	Carbonifère, Permien.
7. <i>Ctenodus</i> .	—	Carbonifère.
8. <i>Uronemus</i> .	—	Carbonifère inférieur.
9. <i>Phaneropleuron</i> .	Une anale distincte.	Dévon. sup. (part. sup.).
10. <i>Scaumenacia</i> .	2 longues dorsales + 1 caudale + 1 anale.	Dévon. sup. (part. inf.).
11. <i>Dipterus macropterus</i> .	1 courte dorsale + 1 longue dorsale + 1 caudale + 1 anale.	Dévon. inf. (part. sup.).
12. <i>Dipterus Valenciennesi</i> .	2 courtes dorsales + 1 caudale + 1 anale.	Dévon. inf. (part. inf.).

8. Et ce n'est pas tout. La *diphycercie* de *Ceratodus* n'est pas identique à celle de *Uronemus*, et celle-ci diffère de celle de *Phaneropleuron*.

Uronemus (13), par la forme de la nageoire impaire et par la direction de l'axe longitudinal de la queue, s'écarte moins de l'hétérocercie que *Ceratodus*.

Et, dans ces mêmes points, *Phaneropleuron* (14) se rapproche encore davantage des Dipneustes diptéroïdes.

Or, *chronologiquement*, le passage se fait dans le sens *Phaneropleuron*, *Uronemus*, *Ceratodus*, — et non inversement.

Ces trois genres nous montrent donc trois phases d'achèvement de la *transformation* de l'hétérocercie en une diphyrcerie secondaire, ou *géphyrocercie*.

9. Enfin, *Scaumenacia* (15) nous fait saisir sur le vif la véritable nature de la nageoire caudale des Dipneustes diphyrcerques.

Car tout ce qui lui reste de la *caudale diphyrcerque primitive* des Poissons (= lobe dorsal de la caudale hétérocercue) est *sur le point* de disparaître.

Et la *seconde dorsale*, très longue, *va* se souder à la queue, pour contribuer à constituer une caudale nouvelle (= caudale des Dipneustes diphyrcerques), dont la valeur morphologique sera : seconde dorsale + lobe ventral de la caudale hétérocercue = seconde dorsale + seconde anale (16).

Un pas de plus, et nous avons les dispositions réalisées chez *Phaneropleuron*, où la caudale primitive est complètement atrophiée, et où, sauf l'anale (première), toutes les nageoires impaires sont réunies.

Or, *chronologiquement*, *Phaneropleuron* est postérieur à *Scaumenacia*.

Par conséquent, nous assistons, ici, à l'évolution d'une queue *hétérocercue* en une queue diphyrcerque secondaire, ou *géphyrocercue*, de valeur morphologique : seconde dorsale + seconde anale = ($D^2 + A^2$).

Ce que Balfour et M. Parker avaient déjà conclu de la structure de la nageoire caudale chez les Dipneustes actuels.

10. Et, pour terminer, l'anale (première), — d'abord absolument indépendante de forme et de direction (*Dipterus Valenciennesi*), — s'assimile de plus en plus au lobe ventral de la caudale (= seconde anale) (*Dipterus macropterus*, *Scaumenacia*, *Phaneropleuron*), — et arrive à être confluyente avec lui (*Uronemus*).

11. Après les nageoires impaires, passons à la *squamation*.

Chez les *Téléostomiens* (Ganoïdes + Téléostéens), son évolution consiste, notamment, dans la transformation d'écailles rhomboïdes épaisses et émaillées en écailles cycloïdes minces et dépourvues de ganoïne.

Les écailles cycloïdes assez épaisses et plus ou moins recouvertes d'émail représentent un stade intermédiaire.

Cryphiolepis (17), *Thrissolepis* (18), *Ætheolepis* (19) sont des genres très appropriés à nous montrer cette évolution.

La squamation des *Dipneustes*, par son identité avec celle de beaucoup de Téléostomiens, doit nous porter à admettre une évolution analogue.

Or, tous les *Dipneustes* connus ont des écailles cycloïdes. Il est donc probable que l'ancêtre du groupe avait déjà de semblables écailles. Dès lors, rien à attendre de ce côté.

Mais *Dipterus Valenciennesi* a des écailles épaisses, émaillées, ponctuées.

Et ce n'est que chez les types plus récents que les écailles minces et dépourvues de ganoïne apparaissent.

En conséquence, la chronologie est d'accord avec les indications fournies par les Téléostomiens.

Ce qui précède nous prouve également qu'au point de vue de la squamation, l'évolution des *Dipneustes* se fait aussi dans le sens des formes hétérocerques vers les formes diphycerques.

12. Examinons, à présent, le *sommet de la tête*.

Chez *Dipterus* (20), il est constitué par un grand nombre de pièces osseuses revêtues de ganoïne ;

Chez *Ctenodus* (21), la ganoïne a disparu ;

Chez *Ceratodus* (22), le nombre des éléments du bouclier céphalique a, en outre, diminué ;

Chez *Lepidosiren* (23), ce bouclier a presque complètement cessé d'être osseux, car il ne consiste plus qu'en deux étroites languettes réunies par une membrane.

Nous assistons donc, ici, à une réduction progressive de l'ossification du sommet de la tête.

Or, la série de *Dipneustes* qui nous montre les phases successives de cette régression se trouve précisément ordonnée chronologiquement, et du plus ancien au plus récent.

Donc, en ce qui regarde le sommet de la tête, l'évolution des *Dipneustes* se fait encore dans le sens des formes hétérocerques vers les formes diphycerques.

13. Les *plaques jugulaires*.

Sans parler des *Dipneustes* (dont certains en ont, tandis que d'autres en sont privés), elles existent, plus ou moins développées, chez presque tous les Ganoïdes et chez les plus primitifs des Téléostéens.

Comme il est peu probable que ces plaques aient pris naissance indépendamment, par convergence, chez tant de Poissons, d'ailleurs

si différents, il est raisonnable de supposer que ceux qui les possèdent en ont hérité d'un ancêtre commun, — et que ceux qui en manquent les ont perdues.

Mais *Dipterus* (24) et *Phaneropleuron* (25) ont des plaques jugulaires ;

Ceratodus, *Protopterus* et *Lepidosiren* en sont dépourvus ; autrement dit, les ont perdues.

Et, chronologiquement, les premiers sont plus anciens que les seconds.

Dès lors, l'évolution des Dipneustes, en ce qui concerne les plaques jugulaires, se fait également dans le sens des formes hétérocerques vers les formes diphycerques.

14. L'appareil operculaire.

Chez *Dipterus* (26), il est large et recouvert de ganoïne ;

Chez *Uronemus* (27), large, toujours, mais l'émail a disparu ;

Chez *Ceratodus* (28), il est, en plus, réduit ;

Chez *Lepidosiren* (29), encore davantage.

Dans quel sens se fait l'évolution ?

De *Ceratodus*, par *Protopterus*, à *Lepidosiren*, — dans le sens même de cette énumération.

Car, plus la respiration pulmonaire se perfectionne, plus la respiration branchiale s'affaiblit, — et plus, aussi, les branchies s'atrophient, ainsi que leur appareil de protection, le système operculaire.

Par conséquent, chez les Dipneustes, l'appareil operculaire le moins développé n'est pas un appareil en voie d'évolution progressive, mais un appareil en régression.

Ce qui concorde avec les données chronologiques.

De tout quoi il résulte qu'à l'égard de cet appareil, l'évolution du groupe se fait, encore une fois, dans le sens des formes hétérocerques vers les formes diphycerques.

15. L'absence de ganoïne sur la mâchoire inférieure, — le ruban fibreux sous-orbitaire, avec sa chaîne d'osselets en nombre variable, — la moindre ossification du crâne spondylique et de la mandibule, — chez *Ceratodus* (30), — sont également des réductions de l'état réalisé chez *Dipterus*, — et indiquent aussi une évolution dans le sens *Dipterus-Ceratodus*, — d'ailleurs exigée par la chronologie, — et non la transformation inverse.

16. Au surplus, ces multiples régressions ne doivent point trop nous

étonner, puisque *toute évolution est accompagnée d'une régression*.

Et, d'autre part, nous avons des exemples absolument parallèles, — d'ossification moins intense, — de disparition des plaques jugulaires, — de rudimentation de l'appareil operculaire, — chez les Ganoïdes acipenséroïdes, notamment.

Il suffit, pour s'en convaincre, de comparer *Polyodon*, ou *Acipenser*, à *Palæoniscus* (31).

17. La discussion paléontologique à laquelle nous venons de nous livrer montre assez clairement, me semble-t-il, que la série :

Dipterus Valenciennesi, — *Dipterus macropterus*, — *Scaumenacia*, — *Phaneropleuron*, — *Uronemus*, — *Ctenodus*, — *Ceratodus*, — *Protopterus*, — *Lepidosiren*, —

représente, dans ses grandes lignes, — l'évolution des *Dipneustes*, — depuis le Dévonien inférieur inclusivement.

18. Non pas que je veuille prétendre qu'il s'agisse là d'une *descendance en ligne directe*.

Assurément, non. D'abord, *Protopterus* et *Lepidosiren* sont contemporains. Puis, *Uronemus* a une dentition plus spécialisée que celle de ses successeurs (32).

Je pourrais aisément signaler d'autres difficultés. Mais je crois qu'il est inutile d'insister davantage.

19. En réalité, d'une manière générale, il est-toujours extrêmement rare qu'on puisse mettre la main sur les véritables termes de la descendance en ligne directe, — à cause de l'insuffisance des documents paléontologiques, — et du chevauchement des spécialisations.

Hipparion a dépassé le stade *Equus*, pour la dentition; *Equus* a dépassé le stade *Hipparion*, pour les membres.

20. Cependant, si la série :

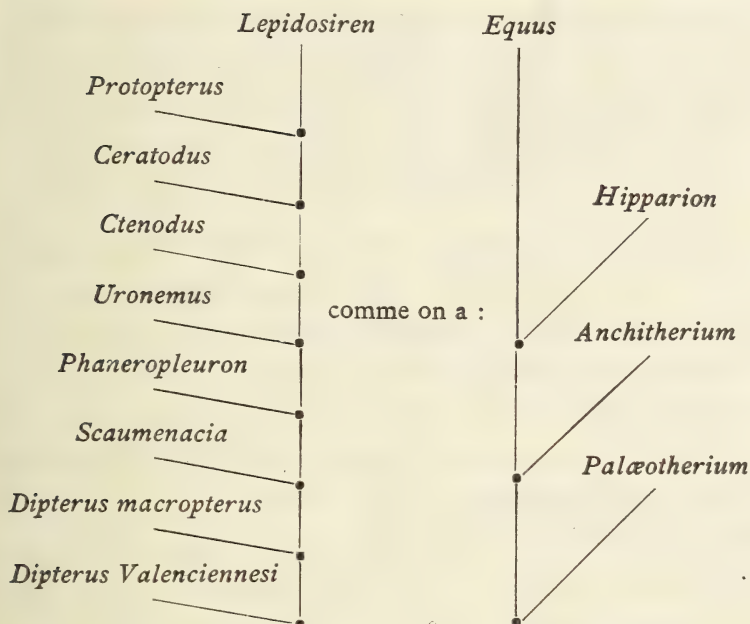
Palæotherium, — *Anchitherium*, — *Hipparion*, — *Equus*, — ne représente pas (33) les ascendants du cheval en ligne directe, elle nous montre fort bien, néanmoins, ce que fut l'évolution des *Equidés*, dans ses traits essentiels.

De même, la série :

Dipterus Valenciennesi, — *Dipterus macropterus*, — *Scaumenacia*, — *Phaneropleuron*, — *Uronemus*, — *Ctenodus*, — *Ceratodus*, — *Protopterus*, — *Lepidosiren*, —

nous fait assister aux phases les plus importantes de l'histoire des *Dipneustes*.

21. C'est-à-dire qu'on aurait :



II. MORPHOLOGIE. — 1. Les conclusions résumées dans cet essai d'arbre phylogénique ont pour point de départ l'interprétation de la diphycercie des Dipneustes comme une *diphycercie secondaire*, ou géphyrocercie.

2. Je vais m'efforcer, maintenant, d'établir, par d'autres considérations que celles invoquées plus haut, qu'il en est bien ainsi.

3. Et d'abord, je ne nie pas que la diphycercie, pour moi, secondaire des Dipneustes n'ait été précédée, avant la phase hétérocerque, par une *diphycercie primitive*, ou diphycercie vraie.

4. Je regarde cette diphycercie primitive comme démontrée, pour tous les Poissons, par l'embryologie (34), selon la loi de la récapitulation (35).

5. J'admets donc l'évolution progressive suivante de la queue des Poissons :

1. Nageoires impaires continues (queue diphycerque primitive, ou vraie);

2. Nageoires impaires discontinues :

2 dorsales (au moins à l'origine),

2 anales,

1 caudale (queue diphycerque primitive, ou vraie);

3. Refoulement dorsal de la caudale diphycerque, qui se réduit, par le développement excessif de l'anale postérieure (*queue hétérocerque*) ;

4. Aggravation de ce refoulement, de façon que le corps ne se termine plus en arrière que par l'anale postérieure (*queue homocerque*).

6. Le résultat de cette *évolution progressive* est une *queue en éventail*, extrêmement bien appropriée comme organe de propulsion dans l'eau (*natation*).

7. Cependant, il faut envisager aussi l'*évolution régressive*, qui est fréquente.

Quand il s'agit de Poissons — ayant une vie de fond, peu active (Poissons plats), — ou séjournant dans la vase (Anguilles), — il ne saurait plus être question, dans leurs mouvements usuels, d'une véritable natation, comme au sein de l'eau, — mais plutôt d'une sorte de *reptation*.

Chez eux, la queue, perdant de son importance comme organe de propulsion, tend à s'atrophier.

Elle tend à redevenir une *queue en pointe*, — une queue diphycerque.

Mais c'est alors une queue diphycerque secondaire, ou *queue géphyrocerque*.

Il y a des géphyrocercies de natures très diverses : j'en donnerai des exemples dans un instant.

8. On le voit, je suis loin de repousser l'existence d'une *diphycercie primitive*.

Toutefois, je pense qu'elle est, phylogéniquement, plus ancienne qu'on ne le croit généralement.

Car :

1. Les plus anciens Poissons connus (*Ostracodermes*) sont déjà hétérocerques ;

2. Les plus anciens *Elasmobranches* suffisamment connus, aussi ;

3. Les plus anciens *Ganoïdes* connus, également ;

4. Les plus anciens *Dipneustes* connus, de même.

9. Par conséquent, la *diphycercie primitive* remonte, probablement, à une phase de l'histoire des Poissons dont nous n'avons pas encore de représentants dans les terrains.

10. C'est pourquoi je suis convaincu que toutes les *diphycercies connues* (j'excepte, évidemment, le cas de l'*Amphioxus* (36)), passées ou présentes, sont des *diphycercies secondaires*, ou *géphyrocercies* (37).

11. Examinons quelques-unes de ces *géphyrocercies*.

Pour montrer leur *variété*, — sans sortir des *Ostéoptérygiens* (Dipneustes + Ganoïdes + Téléostéens), — nous étudierons, d'abord, quelques *Crossoptérygiens* fossiles (*Glyptolæmus*, *Cælacanthiniens*) ; puis,

les Poissons plats (*Heterosomata*); enfin, les Poissons anguilliformes (*Calamoichthys*, *Anguilla*, *Fierasfer*).

12. Commençons par *Glyptolæmus* (38).

Et comparons-le à *Osteolepis* (39), — tous deux de la même famille.

L'allongement du tronc, — la réduction du revêtement général de ganoïne, — l'épaisseur moindre des écailles, — la perte de la plaque jugulaire médiane antérieure, — prouvent que le premier est plus spécialisé que le second.

D'ailleurs, celui-ci provient du Lower Old Red Sandstone; l'autre, de l'Upper Old Red Sandstone.

Mais *Glyptolæmus* est diphycerque; *Osteolepis*, hétérocerque.

Et, au surplus, le plus ancien *Osteolepidæ*, — le plus ancien Cros-soptérygien même, — *Thursius* (40), — est hétérocerque.

La diphycercie se présente donc bien ici comme secondaire, c'est-à-dire comme une géphyrocercie.

Et quelle est la valeur morphologique de cette géphyrocercie?

La queue diphycerque primitive est formée uniquement par la véritable nageoire caudale : (C);

La queue hétérocerque, par cette même caudale, augmentée de la deuxième anale : (C + A²);

Or, chez *Glyptolæmus*, malgré le retour à la symétrie par rapport à l'axe longitudinal du corps, la deuxième anale ne s'est pas isolée à nouveau;

Dès lors, la queue diphycerque secondaire de ce Ganoïde a pour valeur morphologique : caudale + deuxième anale = (C + A²).

13. Les *Cœlacanthiniens* (41), en général, ont une « nageoire caudale supplémentaire » diphycerque.

Cette nageoire est-elle primitive, ou secondaire? Je dis qu'elle est secondaire, ou géphyrocercue.

Les plus anciens *Cœlacanthiniens* (*Cœlacanthus*) ne descendent pas au-dessous du Carbonifère inférieur, et ils ont déjà la nageoire caudale supplémentaire diphycerque.

Donc, rien à apprendre d'eux.

Mais, parmi les *Rhizodontidæ*, nous avons deux genres très instructifs : *Tristichopterus* (42) et *Eusthenopteron* (43).

Je reconnais, immédiatement, qu'il peut y avoir une assez grande différence taxonomique entre les *Rhizodontidæ* et les *Cœlacanthiniens*.

Mais cela n'empêche pas une connexion génétique possible.

Et, comme indice, je note la structure si spéciale de l'anneau sclérotique (44), commune aux deux groupes.

Cela posé, comparons *Tristichopterus* (Dévonien inférieur) à *Eus-*

thenopteron (Dévonien supérieur) et à *Cœlacanthus* (Carbonifère inférieur).

Que constatons-nous? Nous voyons l'hétérocercie de *Tristichopterus* passer à la *diphycercie* (secondaire, naturellement) d'*Eusthenopteron*, et celle-ci à la *diphycercie* (secondaire, à plus forte raison) de *Cœlacanthus*.

Nous observons, ainsi, que la nageoire caudale supplémentaire diphycerque des Cœlacanthiniens n'est rien autre chose que le lobe central de la queue de *Tristichopterus* et d'*Eusthenopteron*.

Et quelle est la *valeur morphologique* de ce lobe?

La deuxième anale s'est, ou à peu près, isolée de nouveau; la plus grande partie du lobe dorsal de la caudale primitive diphycerque a pris une existence autonome.

Que reste-t-il pour le lobe central, ou nageoire caudale supplémentaire diphycerque des Cœlacanthiniens?

La caudale primitive, diminuée d'une fraction plus ou moins forte de son importance originelle = $(C - \frac{1}{m} C)$.

14. Enfin, si, comme on le prétend (45), *Macropoma* n'a pas de nageoire caudale supplémentaire, c'est qu'il l'a perdue par avortement, et que ce Cœlacanthinien s'est refait une *autre queue géphyrocercue* en pointe, dont la *valeur morphologique* serait : caudale primitive, diminuée de la caudale supplémentaire + deuxième anale = $(\frac{1}{m} C + A^2)$.

15. Considérons, maintenant, les *Heterosomata* (46), groupe homogène, nettement séparé des plus voisins, et probablement monophylétique.

Prenons-y la série: *Psettodes*, *Hippoglossus*, *Rhombus*, *Pleuronectes*, *Solea*, *Cynoglossus*.

Psettodes a des nageoires impaires discontinues et une queue homocercue.

Cynoglossus a des nageoires impaires continues et une queue diphycerque.

La série ci-dessus permet de comprendre le passage d'un type à l'autre.

Mais l'évolution se fait-elle dans le sens *Psettodes-Cynoglossus*, ou inversement?

Je vais essayer de prouver que c'est la première alternative qui est réalisée, — et que la diphycercie de *Cynoglossus* est une diphycercie secondaire, ou *géphyrocercie*.

La migration plus parfaite des yeux sur la même moitié du corps, — la réduction de la fente buccale, — la disparition des dents dans une demi-mâchoire (côté coloré), — la prolongation de la lèvre supé-

rieure en crochet, — la narine labiale tubuleuse, — la diminution de l'ouverture operculaire, — la multiplication des lignes latérales, — la perte des nageoires pectorales, — celle d'une des nageoires ventrales (côté aveugle), et la soudure de l'autre à la nageoire anale, — l'extension de la nageoire dorsale en avant des yeux, — les rayons simples (non bifurqués) des nageoires impaires, — ne laissent pas de doute que *Cynoglossus* est extrêmement spécialisé à l'égard de *Psettodes*, qui manque de tous ces caractères.

Il est donc vraisemblable que la confluence des nageoires impaires et la queue diphyrcerque, chez *Cynoglossus*, sont aussi des dispositions secondaires.

Et cette vraisemblance devient certitude, quand on examine la structure de la queue d'*Aphoristia* (47), genre qui partage toutes les particularités de *Cynoglossus*, en ce qui concerne les nageoires impaires.

On voit (48), en effet, que cette structure est, malgré la forme extérieure, celle d'une queue homocerque, ce qui montre bien que la diphyrcerie n'y est pas primitive.

Et quelle est la *valeur morphologique* de cette nouvelle *géphyrocercie* ?

Dans la queue homocerque, en éventail, la caudale vraie s'est complètement atrophiée, — la deuxième anale, seule, persiste : (A^2).

Chez *Cynoglossus*, la *queue géphyrocercue* a, incontestablement, un autre contour que la queue homocerque ancestrale, mais elle en a conservé la structure.

Sa valeur morphologique est, par conséquent : deuxième anale = (A^2).

Quant aux nageoires impaires continues primitives, elles consistaient en : dorsales + caudale + anales.

Les nageoires impaires continues secondaires se composent de : dorsales + anales + ventrale (une des nageoires paires s'étant même assimilée aux nageoires impaires !).

16. Passons aux *Poissons anguilliformes*.

Ici, encore, nous retrouvons la diphyrcerie. Mais, à mon avis :

L'existence de groupes anguilliformes les plus divers [Cyclostomes, Physostomes (Gymnotidæ, Murænidæ), Physoclystes (Symbranchidæ, Mastacembelidæ)];

La présence de types anguilliformes dans les groupes les plus variés [Dipneustes (*Protopterus*, *Lepidosiren*), Ganoïdes (Crossoptérygiens : *Calamoichthys*), Physostomes (Mormyridæ : *Gymnarchus*), Physoclystes (Ophidiidæ : *Fierasfer*)];

établit déjà la *nature secondaire* de cette *diphyrcerie*.

Car, si cette dernière était primitive, comment n'y aurait-il guère que les types anguilliformes qui l'aient conservée ?

N'est-ce pas plutôt une *adaptation* en rapport avec le mode de vie de ces types ?

Or, c'est précisément ce que confirme l'examen de la structure de leur queue.

Nous choisirons trois cas pour notre démonstration : *Calamoichthys*, *Anguilla*, *Fierasfer*.

17. Discutons, d'abord, la diphyrcie de *Calamoichthys* (49).

1. Comme l'allongement progressif du tronc, notamment, le met en évidence :

	Vertèbres précaudales.	Vertèbres caudales.	Total.
<i>Calamoichthys</i> .	100	10	110
<i>Polypterus</i> .	51	16	67

alors que le *premier* de ces Ganoïdes est un *Poisson franchement anguilliforme*, — le *second* est seulement un *Poisson à tendance anguilliforme*.

Celui-là n'est donc qu'une exagération de celui-ci.

Il nous suffira, d'après cela, de prouver que la diphyrcie de *Polypterus* est secondaire, — l'autre, dans l'affirmative, devant l'être à fortiori.

2. Maintenant, que voyons-nous chez *Polypterus* (50) ?

L'extrémité postérieure de la colonne vertébrale se relève, de façon à avoir, — dorsalement, 8 rayons, — ventralement, 13 rayons, — de la « nageoire caudale diphyrcque ».

3. Cette structure, assurément, — ou conduit à l'hétérocercie, — ou en provient.

4. Or, l'ontogénie de la queue hétérocercue (*v. supra*) montre clairement que ce n'est pas ainsi que l'hétérocercie prend naissance, — qu'elle ne tire pas son origine d'une modification de l'architecture *intérieure* de la queue diphyrcque primitive, — mais d'un phénomène *extérieur* à cette queue, le refoulement provoqué par le développement exagéré de la deuxième anale.

5. La queue de *Polypterus*, — ne conduisant pas à l'hétérocercie, — en provient.

C'est, dès lors, une queue *diphyrcque secondaire*, ou géphyrocercue.

6. Et quelle est la *valeur morphologique* de cette *géphyrocercie* ?

Comme la structure le met nettement en évidence, la caudale diphyrcque primitive (C) s'est atrophiée.

Et, — tandis que la première dorsale (D¹) s'est résolue en pinnules plus ou moins nombreuses, — la seconde dorsale (D²), s'unissant à

la seconde anale (A^2), a formé la queue diphycerque secondaire = ($D^2 + A^2$).

18. Nous arrivons à *Anguilla* (51), dont la « nageoire caudale diphycerque » est très bien décrite dans les lignes suivantes :

« I have not been able as yet to obtain so complete a series of forms of the caudal extremity in the Eel, but with some extremely interesting minor variations, which I propose to describe at length on a future occasion, the structure is similar in principle. The tail is truly heterocercal. What answers to the urostyle is divided into two portions — the anterior of which supports the anterior hypural apophysis, the posterior the posterior; and the last is not only superior to the anterior hypural apophysis, as is the case in the *Gasterosteus*, but projects beyond it posteriorly. »

Cette queue n'est donc qu'une adaptation de la queue homocerque; elle a donc passé par la phase homocerque; en conséquence, c'est une queue diphycerque secondaire, ou géphyrocerque.

Et quelle est la valeur morphologique de la géphyrocercie d'*Anguilla*?

Dans la queue homocerque, en éventail, la caudale vraie s'est complètement atrophiée, — il n'y a que la deuxième anale (A^2) qui persiste.

Chez *Anguilla*, la queue géphyrocerque a, incontestablement, un autre contour que la queue homocerque ancestrale, mais elle en a conservé la structure

Sa valeur morphologique est, pour ce motif : deuxième anale = (A^2).

19. *Fierasfer* (52). Ici, l'extrémité terminale de la queue homocerque a avorté.

Non seulement il n'y a plus de caudale primitive (C), qui a déjà totalement disparu dans la formation de l'homocercie, — mais il n'y a même plus de « caudale homocerque », c'est-à-dire de seconde anale (A^2).

C'est la géphyrocercie typique : diphycerque secondaire dont la valeur morphologique est : deuxième dorsale + première anale = ($D^2 + A^1$).

20. En résumé, il y a lieu de distinguer, avec soin, — la diphycerque primitive, ou diphycerque proprement dite, — et la diphycerque secondaire, ou géphyrocercie.

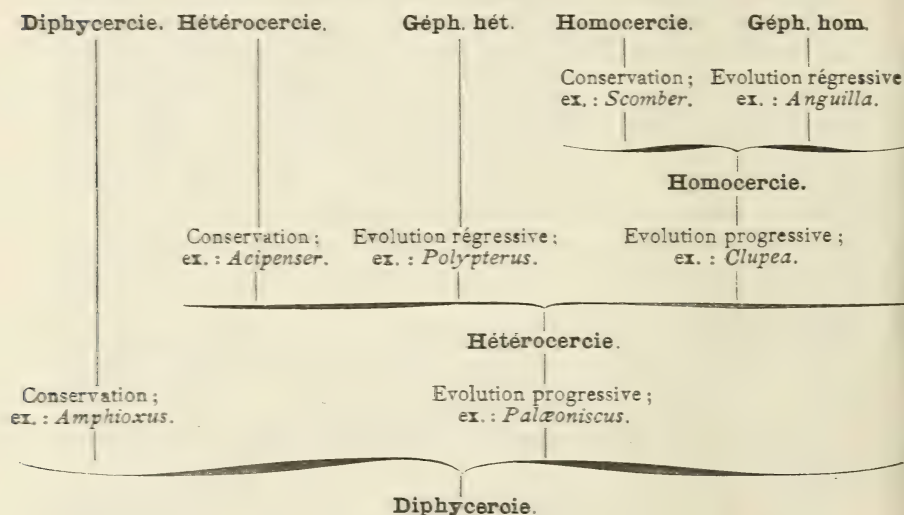
Cette dernière peut dériver :

Soit de l'hétérocercie (exemples : *Dipneustes géphyrocerques*, *Glyptolæmus*, *Eusthenopteron*, *Cælacanthiniens*, *Polypteridæ*) ;

Soit de l'homocercie (exemples : *Cynoglossus*, *Anguilla*, *Fierasfer*).

Les géphyrocercies, tant homocerciques qu'hétérocerciques, sont, d'ailleurs, des plus variées, et de valeur morphologique très différente.

21. Quant à l'évolution de la queue des Poissons, en général, il est possible de la condenser dans le tableau suivant (53) :



22. Enfin, si on a égard :

D'un côté. — à la fréquence de la *diphycercie secondaire*, — et à sa présence chez les Poissons les plus divers, — comme cela résulte de tout ce qui précède; — en d'autres termes, à la facilité avec laquelle elle se produit ;

Et, d'un autre côté, — à la structure même de la queue des *Dipneustes actuels*, — de *Ceratodus* (54), notamment ;

Je crois qu'il est difficile de ne pas admettre que la diphycercie des *Dipneustes non hétérocerques* ne soit pas une diphycercie secondaire, ou *géphyrocercie*.

23. En quoi la Morphologie confirme les conclusions de la Paléontologie.

24. Et l'irréversibilité de l'évolution (55) ?

On part de la *diphycercie* (primitive), et on retourne à la *diphycercie* (secondaire).

N'est-ce pas là de la réversibilité ?

Non. Car, dans aucun cas, on ne revient à la *structure primitive*.

Nous avons en effet :

	<i>Diphycercie :</i>	<i>Queue :</i>
1. <i>Amphioxus</i>	primitive.	C
2. <i>Dipneustes géphyrocerques</i>	secondaire	$D^2 + A^2$
3. <i>Glyptolæmus</i>	—	$C + A^2$
4. <i>Eusthenopteron</i>	—	$C + A^2$
5. <i>Cœlacanthus</i>	—	$C - \frac{1}{m} C$
6. <i>Macropoma</i>	—	$\frac{1}{m} C + A^2$
7. <i>Cynoglossus</i>	—	A^2
8. <i>Aphoristia</i>	—	A^2
9. <i>Calamoichthys</i>	—	$D^2 + A^2$
10. <i>Polypterus</i>	—	$D^2 + A^2$
11. <i>Anguilla</i>	—	A^2
12. <i>Fierasfer</i>	—	$D^2 + A^1$

L'étude de l'évolution régressive de la queue des Poissons vient donc appuyer la notion de l'irréversibilité de l'évolution.

25. Mais, à quoi sert cette notion?

Puisqu'elle exprime qu'on ne retourne jamais complètement à une structure ancestrale, — à reconnaître, — par le moyen de certains détails, — en apparence, accessoires, — si une disposition est primitive ou secondaire.

Et, par conséquent, — quand on a une série entre les termes extrêmes de laquelle on possède des termes intermédiaires suffisants, — à déterminer le sens de l'évolution.

Chose très importante et, parfois, moins facile à mettre en évidence qu'on serait tenté de le penser à priori.

C'est ainsi que, — pour les *Dipneustes*, — malgré les données paléontologiques, — d'une valeur capitale, attendu que, grâce à l'élément chronologique qui les accompagne, elles doivent fixer, — sauf le cas d'insuffisance des documents (discuté plus haut pour le problème particulier que nous examinons), — le sens des transformations, — on a écrit, jusqu'à ce jour, que l'évolution avait eu lieu d'un type tel que *Ceratodus* vers *Dipterus*.

Or, la structure de la queue du premier de ces genres permettait déjà, — à elle seule, — en se basant sur l'irréversibilité, — de prouver que cette évolution s'était bien faite de *Dipterus* vers *Ceratodus*, et non inversement.

On voit, d'après cela, l'importance de la notion.

III. ÉTHOLOGIE. — 1. M. Woodward nous dit (56) qu'il regarde *Dipterus* comme *plus spécialisé* qu'aucun des *Dipneustes* actuels.

Il considère donc *Dipterus* comme descendant d'une forme analogue à *Ceratodus*.

2. Je vais m'efforcer, maintenant, — de montrer, par des *observations éthologiques*, que, contrairement à cette interprétation, *Dipterus* est *le plus primitif* des *Dipneustes* connus, — et de consolider, ainsi, les résultats obtenus par la Paléontologie et par la Morphologie.

3. Quelle que soit la forme que l'on suppose aux *ancêtres de Ceratodus*, il est certain que ces ancêtres, — en remontant assez haut, et même sans aller très loin, — ne possédaient *pas de poumons*, — et ne respiraient que par des *branchies*.

Ils vivaient, alors, d'une manière permanente, dans l'eau claire, suffisamment pure et aérée.

4. Ce n'est que, quand, — par suite de nouvelles conditions de milieu, — ils furent amenés à séjourner, temporairement, dans l'eau corrompue, — impropre à la respiration aquatique, branchiale, — qu'ils suppléèrent à cette respiration par une respiration atmosphérique, pulmonaire.

A ce moment, ils eurent une *existence moins active*, — vie de fond, mouvements lents, — et, pendant une partie de l'année, au moins, vinrent respirer à la surface.

C'est la phase où en est *Ceratodus* (57).

5. Que seraient des *Dipneustes plus spécialisés* que *Ceratodus*?

Ce seraient, — par exemple, — des *Dipneustes* qui vivraient dans des conditions plus ou moins analogues à celles dans lesquelles se trouve *Ceratodus*, mais *encore aggravées* par rapport aux conditions primitives auxquelles étaient soumis les ancêtres de cet animal, — qui vivraient, non plus dans l'eau claire, non plus dans l'eau corrompue, mais dans la vase, voire même parfois à sec.

6. Or, nous connaissons des *Dipneustes* qui sont dans ce cas.

Ce sont : *Protopterus* (58), et, mieux que cela, *Lepidosiren* (59).

Voyons si les *spécialisations* qu'ils ont acquises pour leur mode particulier de vie, — en les *éloignant* de *Ceratodus*, — les *rapprochent* de *Dipterus*.

7. Ces *spécialisations* sont, notamment :

1. *Réduction des nageoires paires* :

Ceratodus (60). — Archiptérygium bien développé, avec une large frange bilatérale ;

Protopterus (61). — Archiptérygium en régression, avec une étroite frange unilatérale ;

Lepidosiren (62). — Archiptérygium encore plus avancé dans la voie de l'atrophie, très court, limité à son axe.

2. Réduction des nageoires impaires :

Ceratodus (63). — « Nageoire caudale » restée assez puissante ;

Protopterus (64). — « Nageoire caudale » moins forte ;

Lepidosiren (65). — Nageoires impaires plus basses que chez le précédent.

3. Allongement du tronc (66) :

Ceratodus (67). — 27 paires de côtes ;

Protopterus (68). — 36 paires de côtes ;

Lepidosiren (69). — 55 paires de côtes.

4. Réduction de l'appareil branchial (70) :

	Hy.	I.	II.	III.	IV.	V.
<i>Ceratodus</i> . — 5 fentes. — 9 hémibranchies :	I	2	2	2	2	0
<i>Protopterus</i> . — 5 fentes. — 6 hémibranchies :	I	0	0	2	2	1
<i>Lepidosiren</i> . — 4 fentes. — 5 hémibranchies :	<u>I</u>	<u>0</u>	0	2	2	0

Sans parler de la régression, — de la hauteur des fentes branchiales, — ainsi que du nombre et des dimensions des lamelles branchiales, — de plus en plus accentuée, quand on va de *Ceratodus*, par *Protopterus*, à *Lepidosiren*.

8. Par conséquent, les spécialisations réalisées, — pour passer de la vie en eau corrompue (*Ceratodus*) à la vie dans la vase (*Lepidosiren*), — produisent, par leur superposition, la transformation d'un type tel que *Ceratodus* en un *Poisson anguilliforme*.

Dès lors, ces spécialisations, — au lieu de rapprocher de *Dipterus* les descendants des Dipneustes semblables à *Ceratodus*, — les en éloignent, au contraire, d'autant plus qu'elles sont plus marquées.

Dipterus n'est donc pas le résultat de la spécialisation d'une forme analogue à *Ceratodus*, — pour une vie dans la vase.

9. Mais il y aurait une autre spécialisation possible pour un *Dipneuste* tel que *Ceratodus*.

Au lieu de l'aggravation progressive des conditions d'existence réalisées quand on va de la vie en eau claire à la vie en eau corrompue, — pour finir par la vie dans la vase ;

Il se pourrait qu'après le passage de la vie en eau claire à la vie en eau corrompue, — il y eût un retour à la vie en eau claire.

10. Alors, on comprend très bien que, — sous l'influence de cette dernière succession de phases éthologiques, — *Dipterus* ait pris naissance comme une spécialisation d'une forme semblable à *Ceratodus*.

Que, — retournant de l'eau corrompue à l'eau pure, — passant, donc,

d'une *vie peu active* (de fond, à mouvements lents), à une *vie active* (au sein même de l'eau, à mouvements rapides), — un type cylindrique, massif, aux nageoires impaires continues, à la queue en pointe (en un mot, analogue à *Ceratodus*), ait produit un type fusiforme, aux nageoires impaires discontinues, à la queue plus ou moins en éventail (*Dipterus*).

11. Toutefois, est-il *raisonnable* que *Dipterus* nous représente un *retour des Dipneustes à la vie en eau claire* ?

Est-il raisonnable que, — dès la *partie inférieure* du *Dévonien inférieur*, — les Dipneustes aient déjà tellement évolué que certains d'entre eux puissent être considérés comme revenus à la vie en eau pure ?

Est-il raisonnable que ce soit, justement, *le plus ancien Dipneuste connu* qui doit être regardé comme un exemple de ce retour ?

Cela est-il raisonnable, alors que nous ne connaissons pas de *Dipneuste actuel* (donc, de cas indiscutable) qui se soit ainsi réadapté aux conditions primitives ? En d'autres termes, alors que nous ne savons pas si les Dipneustes sont réellement susceptibles d'une pareille évolution en arrière (71) ?

Cela est-il raisonnable, quand, après cet hypothétique retour, plus que précoce, il n'y a plus, *au cours des temps géologiques ultérieurs* (immenses, cependant), le moindre indice qu'il se serait renouvelé par la suite pour d'autres Dipneustes vivant dans l'eau corrompue ?

12. Et puis, — à supposer même que ces objections fussent levées, — la *ganoïne* perdue se retrouverait-elle ? — Le *bouclier céphalique* se résoudrait-il en ses éléments ancestraux ? — Le *ruban fibreux sous-orbitaire*, avec ses osselets en nombre variable, formerait-il encore une arcade continue ? — L'*appareil operculaire* reprendrait-il ses dimensions premières ? — Les *plaques jugulaires*, évanouies, réapparaîtraient-elles ?

Car tout cela est *réduit* chez *Ceratodus*, — qu'on place, ou non, *Dipterus* parmi ses ascendants.

C'est bien peu probable, en présence de l'*irréversibilité de l'évolution* (72).

Il faudrait donc, — si on accepte le retour en eau pure, — que *Dipterus* provînt d'un Dipneuste tel que *Ceratodus*, mais qui n'aurait subi *aucune des régressions* que nous venons d'énumérer.

Or, un semblable Dipneuste est inconnu aujourd'hui. L'admettre est une nouvelle supposition entièrement gratuite.

13. Par conséquent, *Dipterus* n'est pas, non plus, le résultat de la

spécialisation d'une forme analogue à *Ceratodus*, — pour le retour à la vie en *eau claire*.

14. En résumé, si on tient compte des multiples éléments de la discussion qui précède, on arrive à cette conclusion : Prétendre que *Dipterus* est le *Dipneuste* le plus spécialisé, c'est accumuler invraisemblance sur invraisemblance.

15. Tout s'explique aisément, au contraire, — sans cet amoncellement d'hypothèses forcées, — si on voit en *Dipterus* le *Dipneuste* le plus primitif.

16. En effet, *Dipterus*, — au corps fusiforme, aux nageoires impaires discontinues, à la queue plus ou moins en éventail, — est le plus « poisson » des Dipneustes, au sens vulgaire du mot.

Pourquoi ?

Parce que *Dipterus* ne séjournait pas encore dans l'eau corrompue, au degré où le fait *Ceratodus*. Parce que, pour cette raison, il avait encore une existence assez active.

Parce que *Dipterus*, — étant, à la fois, le plus ancien et le plus primitif des Dipneustes connus, — se trouve, ainsi, le plus rapproché de la souche du groupe entier.

Or, cette souche était, sans aucun doute, constituée par de véritables Poissons, dans la signification la plus restreinte du terme, — par des Poissons confinés dans l'*eau claire*, — à respiration purement aquatique, branchiale, — à la vie active, — au corps fusiforme, aux nageoires impaires discontinues, à la queue en éventail.

Il n'est donc pas étonnant que *Dipterus* soit le plus pisciforme des Dipneustes.

17. Sous l'influence plus profonde de l'habitat en *eau corrompue*, — vie de fond, mouvements plus lents, — se fait l'adaptation à la forme *Ceratodus*, — au corps cylindrique, massif, aux nageoires impaires continues, à la queue en pointe, — en passant par les phases : *Dipterus Valenciennesi*, *Dipterus macropterus*, *Scaumenacia*, *Phaneropteron*, *Uronemus*, *Ctenodus*, *Ceratodus*.

18. Puis, — les conditions de milieu s'aggravant dans le même sens, — on arrive à la vie dans la vase, — qui produit les types *anguilliformes* : commençant par *Protopterus*, pour finir par *Lepidosiren*.

19. En dernière analyse, — indépendamment de nos déductions principales relatives à *Dipterus*, — nous aboutissons à ce résultat : que *Lepidosiren* serait le plus spécialisé des Dipneustes.

Voici quelques considérations éthologiques qui viennent appuyer cette interprétation.

20. Quels sont les Poissons qui accompagnent *Lepidosiren* dans son habitat naturel ?

Parmi eux, M. Bohls cite (73) *Symbranchus marmoratus*, — et, d'autre part, cet auteur me signale qu'on capture, quoique cet animal y soit *très rare*, *Rhamphichthys Blochii* dans le Paraguay, où on rencontre *parfois* (74) aussi *Lepidosiren*.

21. Comparons ces trois Poissons entre eux :

Caractères.	LEPIDOSIREN PARADOXA (75).	RHAMPHICHTHYS BLOCHII (76).	SYMBRANCHUS MARMORATUS (77).
<i>Ordre :</i>	Dipneustes.	Physostomes.	Physoclystes.
<i>Taille :</i>	0 m. 72 (78).	0 m. 73	0 m. 70.
<i>Corps :</i>	Anguilliforme.	Anguilliforme.	Anguilliforme.
<i>Squamation :</i>	Présente.	Présente.	Absente.
<i>Anus :</i>	Dans le $\frac{1}{3}$ post. (79).	Sous l'œil.	Dans le $\frac{1}{3}$ post. (80).
<i>Face infér. tête :</i>	Non.	Non (81).	Plissée longitud. (82).
<i>Fente operc. :</i>	Etroite, double.	Etroite, double.	Unique, sous la tête.
<i>Pectorales :</i>	Réduites.	Réduites.	Absentes.
<i>Ventrales :</i>	Réduites.	Absentes.	Absentes.
<i>Dorsale :</i>	Réduite.	Absente.	Réduite.
<i>Caudale :</i>	Réduite.	Absente.	Réduite.
<i>Anale :</i>	Réduite.	Très longue.	Réduite.
<i>Prémaxillaire :</i>	Absent (83).	Borde partiellement la fente buccale.	Borde complètem., à lui seul, la fente buccale.
<i>Susmaxillaire :</i>	Absent.	Borde partiellement la fente buccale.	Exclu de la fente buccale, reposant sur le prémaxillaire.
<i>Appareil branchial :</i>	4 fentes. 5 hémibranchies :	4 fentes. 8 hémibranchies (84) :	4 fentes. 8 hémibranchies (85) :
	Hy. I. II. III. IV. V. 1 0 0 2 2 0	Hy. I. II. III. IV. V. 0 2 2 2 2 0	Hy. I. II. III. IV. V. 0 2 2 2 2 0
<i>Vessie natat. :</i>	Poumon.	Présente, double.	Absente.
<i>Estomac :</i>	Sans sac cœcal, ni append. pylor. (86).	Avec sac cœcal et append. pylor.	Sans sac cœcal, ni append. pylor.
<i>Cœur :</i>	Dans l'arc scapul. (87). Un cône artériel. (89).	Dans l'arc scapul. Non, un bulbe artér.	Refoulé en arrière (88) Non, un bulbe artér.
<i>Ouv. urogén. :</i>	Dans le rectum (90).	Papille externe (91).	Dans le rectum (92).

22. Comment se fait-il que des Poissons aussi différents, — un *Dipneuste*, un *Physostome*, un *Physoclyste*, — mais ayant le même habitat, — en soient arrivés, tous trois, au type *anguilliforme* ?

Ce ne peut être la *puissance de l'hérédité* qui leur a fait conserver l'aspect du corps d'un ancêtre commun.

Car, — si nous laissons *Lepidosiren* de côté, puisqu'il est en cause, — il est certain que *Rhamphichthys* et *Symbranchus* descendent de Poissons fusiformes, — et que leur caractère anguilliforme est secondaire. Personne ne discutera ce point.

Nous sommes donc en présence, ici, d'un cas de *convergence par adaptation*, — d'un cas de convergence sous l'influence des mêmes conditions d'existence.

23. Dès lors, la forme extérieure, les nageoires impaires continues et la queue en pointe de *Lepidosiren* sont bien des *spécialisations*, — et non des dispositions archaïques préservées.

24. D'ailleurs, — dans ce milieu où vit *Lepidosiren*, — l'adaptation joue un rôle tellement intense, que ce Poisson, — *Vertébré dipneuste*, — se nourrit aux dépens d'*Ampullaria*, — *Mollusque dipneuste*, — ayant, à la fois, comme lui, *poumon et branchie* (93).

25. En résumé, — l'*Éthologie* confirme les résultats de la *Paléontologie* et de la *Morphologie*, — et contribue à conclure que :

1. *Dipterus Valenciennesi* est le plus primitif des Dipneustes connus ;

2. L'*évolution des Dipneustes* nous est représentée, dans ses grands traits, par la série suivante, dans le sens même de l'énumération de ses termes :

Dipterus Valenciennesi, — *Dipterus macropterus*, — *Scaumenacia*, — *Phaneropleuron*, — *Uronemus*, — *Ctenodus*, — *Ceratodus*, — *Protopterus*, — *Lepidosiren*.

26. Malgré la notochorde persistante, les *Dipneustes* sont des Poissons qui ont beaucoup évolué.

Depuis le *Dévonien inférieur*, — ils sont, de *fusiformes*, devenus de plus en plus *anguilliformes*, — et, dans le type le plus *spécialisé* (*Lepidosiren*), la *respiration branchiale* a presque disparu, pour être remplacée par la *respiration pulmonaire*.

III

ORIGINE DES DIPNEUSTES.

I. DIFFICULTÉS DE LA QUESTION. — 1. Dans les pages qui précèdent, nous avons étudié l'*évolution des Dipneustes*, — du plus ancien au plus récent, — du plus primitif au plus spécialisé.

Nous allons rechercher, maintenant, l'*origine* de ces Poissons.

2. Jusqu'à présent, le problème était insoluble.

En effet, les paléontologistes qui se sont particulièrement occupés de ce sujet constataient bien de grandes ressemblances entre *certaines Dipneustes* et les *Ganoïdes crossoptérygiens* (94).

Mais ces ressemblances se montraient surtout du côté de *Dipterus Valenciennesi*.

Or, avant ce travail, *Dipterus Valenciennesi* était unanimement considéré comme le plus spécialisé des *Dipneustes*.

Et, — quand il y a filiation de groupe à autre, — ce n'est pas entre les formes les plus spécialisées du groupe dérivé et le groupe générateur que le passage doit se faire.

Tout au contraire, c'est entre les formes les plus primitives du groupe dérivé et le groupe générateur.

Autrement, le passage n'est qu'apparent. Il n'y a pas de liens directs de parenté. On est en présence d'un cas de convergence sous l'influence de conditions d'existence identiques.

3. Pourtant, les points communs étaient de nature telle qu'on avait peine à admettre qu'il n'y eût pas, là, de connexion génétique.

La question restait donc dans le statu quo, sans faire un seul pas.

4. Aujourd'hui, — après les conclusions de notre première partie, — tout s'éclaircit, me semble-t-il :

1. *Dipterus Valenciennesi* est le plus primitif des *Dipneustes* connus ;

2. C'est celui qui offre le plus d'affinités avec les *Crossoptérygiens* ;

3. Dès lors, il est rationnel de placer l'origine des *Dipneustes* dans les *Crossoptérygiens*.

II. L'ANCÊTRE DES DIPNEUSTES. — 1. Examinons les choses d'un peu plus près.

Et reconstituons, d'abord, l'ancêtre hypothétique des *Dipneustes*, — non pas l'ancêtre tout immédiat, mais un ancêtre assez peu éloigné, quand même, — d'après la méthode de Huxley (95), — en conservant les caractères primitifs, en remplaçant les dispositions secondaires par les structures qui leur ont donné naissance, en rétablissant les organes réduits ou disparus.

Cet ancêtre devait posséder :

1. Une queue hétérocerque ;
2. Des nageoires impaires discontinues : 2 dorsales libres (D^1 , D^2),
- 1 « caudale » ($C + A^2$) indépendante, 1 anale (A^1) isolée ;
3. Des nageoires pectorales seules véritablement lobées ;
4. Des écailles rhomboïdes ;
5. Un revêtement général de ganoïne ;
6. Des plaques jugulaires bien développées ;
7. Un appareil operculaire n'ayant subi aucune régression ;
8. Une arcade sous-orbitaire complète ;

9. Les narines à la face inférieure de la tête ;
10. Des prémaxillaires et susmaxillaires fonctionnels et dentés ;
11. Une dentition normale (non cténodonte) ;
12. Une mandibule entièrement ossifiée ;
13. Un crâne hyostylique.

Et ce type hypothétique devait, en outre, être plus ancien que *Dipterus Valenciennesi*.

2. Or, nous retrouvons tout cela chez les *Crossoptérygiens*, — notamment chez *Osteolepis* (96), — sans vouloir prétendre, cependant, qu'*Osteolepis* soit un *ancêtre direct des Dipneustes*, — mais simplement un genre *assez voisin* de cet ancêtre.

3. Les *Crossoptérygiens* sont donc bien le *groupe-souche* dans lequel il faut chercher l'*origine des Dipneustes*.

III. LES CROSSOPTÉRYGIENS. — 1. Cela étant, — je vais, maintenant, essayer de prouver que les *Crossoptérygiens* ne sont pas les *plus primitifs* des *Ganoïdes*, — mais qu'ils représentent une *adaptation* de cet ordre dans le sens *Dipneuste*.

2. A telles enseignes qu'on pourrait même se demander si *certains Crossoptérygiens typiques* n'étaient pas déjà de *véritables Dipneustes*, — même *physiologiquement*, — à la dentition cténodonte et à l'autostylie près.

3. Or, celles-ci n'ont pas l'importance qu'on leur attribue depuis Huxley (97).

Je montrerai, en effet, tout à l'heure, qu'elles n'ont rien de fondamental, et que, bien au contraire, elles sont purement adaptatives.

4. Nous passerons successivement en revue :

1. L'apparition géologique ;
2. Les nageoires paires ;
3. Les plaques jugulaires ;
4. La position des narines ;
5. La dentition ;
6. La nature de la suspension de l'appareil masticatoire.

5. *Apparition géologique.*

Les premiers *Crossoptérygiens* datent du Lower Old Red Sandstone, — mais les premiers *Acipenséroïdes* également (*Palæoniscidæ* : *Cheirolepis* (98)).

Les *Crossoptérygiens* ne sont donc pas les *Ganoïdes* les plus anciens, — puisqu'il y en a d'aussi anciens qu'eux.

Au point de vue de leur *apparition géologique*, ils n'ont, dès lors, absolument aucun droit à être regardés comme la *souche* de l'ordre entier.

Ils ne forment, par conséquent, qu'une *branche* évoluant dans une direction déterminée. Laquelle ? C'est ce que nous allons examiner.

6. Nageoires paires.

1. Les nageoires paires *lobées*, — si caractéristiques des *Crossoptérygiens*, — *ne sont pas* des nageoires paires *primitives*.

Dans l'état actuel de nos connaissances, elles représentent le *troisième stade* de l'évolution des nageoires paires dans un certain sens.

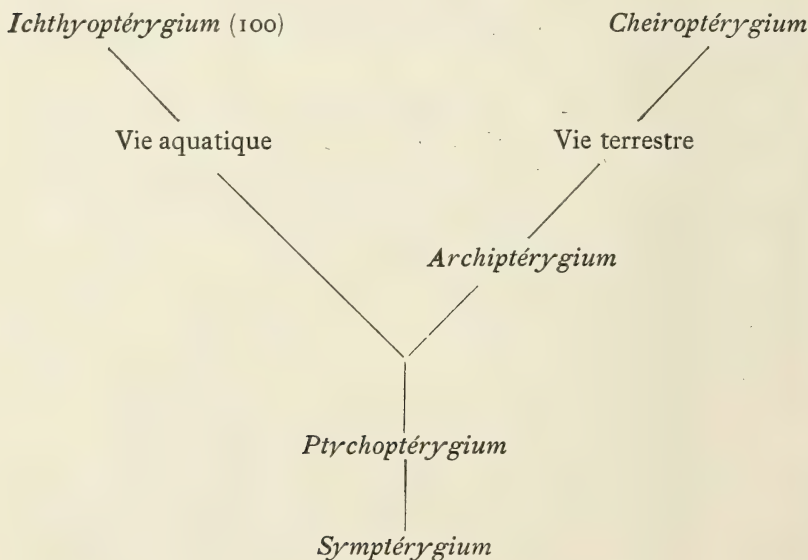
Les *trois stades* en question sont, — d'ailleurs, — en allant du plus ancien au plus récent :

1. Nageoires paires continues de chaque côté du corps (*Symptérygium*. — *Hypothétique*) ;

2. Nageoires paires discontinues, à rayons parallèles atteignant tous la paroi du corps (*Ptychoptérygium*. — *Cladoselache* (99)) ;

3. Nageoires paires discontinues, à rayon central prédominant et à rayons latéraux disposés de façon à confectionner une palette bipinnée (*Archiptérygium*. — *Crossoptérygiens*, *Dipneustes*).

L'évolution *progressive générale* des *nageoires paires* pouvant, d'autre part, être résumée dans le tableau suivant :



La *nageoire lobée* n'est donc pas une nageoire archaïque, mais une *adaptation* à des conditions de milieu que nous tâcherons de fixer un peu plus loin.

2. Les deux paires de nageoires des Crossoptérygiens ne sont pas toujours lobées, toutes deux (101).

Quand deux genres étroitement alliés, — *Osteolepidæ* : *Osteolepis* (Lower Old Red) et *Glyptolæmus* (Upper Old Red), — *Holoptychiidæ* : *Glyptolepis* (Lower Old Red) et *Holoptychius* (102) (Upper Old Red), — ont, — l'un, les deux paires lobées, — l'autre, les pectorales seules lobées, — c'est le plus ancien qui n'a que la paire antérieure lobée.

Preuve que la nageoire lobée est secondaire, — et non primitive.

3. Tous les *Dipneustes* (103), — qui ne sont que des *Crossoptérygiens* très spécialisés, — même le plus ancien, même le plus primitif, — *Dipterus Valenciennesi*, — ont les deux paires de nageoires lobées, — à moins qu'elles ne soient en régression (ultra-lobées : au delà du stade lobé, — *Protopterus*, *Lepidosiren*).

Ce n'est donc que chez les types ayant déjà beaucoup évolué, — dans le sens convenable, bien entendu, — que les deux paires de nageoires sont constamment lobées.

Nouvelle preuve que la nageoire lobée est dérivée, — et non primordiale.

4. Mais quelle est la fonction des nageoires lobées ?

Outre l'aide qu'elles peuvent prêter dans la natation, comme organes d'équilibre ou de direction, — elles servent surtout à une sorte de marche quadrupède sur le fond (104).

Ces nageoires sont, par conséquent, une adaptation dans le sens *Dipneuste*, — puisque ceux-ci mènent précisément une vie de fond.

5. On comprend, maintenant, pourquoi l'adaptation à la forme lobée commence par les pectorales.

Celles-ci, — en raison de leur position antérieure, — sont, en effet, beaucoup plus importantes que les ventrales, pour une locomotion qui devait être intermédiaire entre la marche et la reptation.

6. Mais, — si la nageoire lobée n'est pas archaïque, — si elle est purement adaptative, nous avons grand chance de retrouver, — dans un groupe aussi vaste que les Poissons, — d'autres types que les Crossoptérygiens, — qui nous offrent aussi des nageoires lobées.

Non pas des nageoires lobées ayant la même structure que celles des Crossoptérygiens.

Mais des nageoires lobées construites pour pouvoir fonctionner comme celles des Crossoptérygiens.

Or, qu'est-ce, — physiologiquement, non morphologiquement, — qu'une nageoire lobée ?

C'est une nageoire portée à la base sur un pédicule épaissi et écailleux, — dont les rayons décroissent du centre vers les bords, — et qui

sert à soutenir le corps, sur un fond ou sur le sol, — en vue de permettre le saut, la marche, la reptation.

Eh ! bien, — ce genre de nageoire existe, — non seulement chez les *Crossoptérygiens*, — mais encore, — avec une autre architecture interne, cela va de soi, — chez un *Physocliste* (*Periophthalmus*) (105), — qui l'emploie pour progresser par bonds.

7. La *nageoire lobée des Crossoptérygiens* est donc véritablement *adaptative*, — et c'est une *adaptation dans le sens Dipneuste*.

7. Plaques jugulaires.

Une autre caractéristique des *Crossoptérygiens*, c'est le *grand développement* des plaques jugulaires (106).

Or, — quoique ces plaques soient évidemment *réduites* chez les *Dipneustes* qui en possèdent, — et quoiqu'elles aient complètement *disparu* chez les représentants actuels de cet ordre, — je suis d'avis que leur état chez les *Crossoptérygiens* est un *acheminement* vers ce qu'on voit chez les *Dipneustes*.

Voici pourquoi.

Quelle est la *fonction* des plaques jugulaires chez les *Crossoptérygiens* ? Elles servent à *retenir de l'eau* et à *empêcher l'envasement* des branchies (107).

La disposition qu'elles présentent nous montre donc que les *Crossoptérygiens* sont des Poissons aux prises avec des *difficultés respiratoires*, — des Poissons qui ne vivent plus simplement et d'une manière permanente, dans de l'eau claire suffisamment pure et aérée.

Et comme ils sont, — ou dépourvus de *respiration atmosphérique* (*Polypterus* (108)), — ou incapables (*Osteolepis*, *Diplopterus* (109)) de suppléer, d'une façon satisfaisante, par cette respiration, à leur *respiration aquatique*, — ils se trouvent dans la nécessité de sauvegarder cette dernière, — par le grand développement de leurs plaques jugulaires.

Mais, — que la *respiration pulmonaire* s'accroît assez pour mettre la *respiration branchiale* au second plan, — et, aussitôt, les *plaques jugulaires* entreront en *régression* (*Dipterus*), — puis *disparaîtront* (*Ceratodus*), — le rôle qu'elles jouaient ayant cessé d'être utile.

Par conséquent, — le *grand développement* des *plaques jugulaires* chez les *Crossoptérygiens* n'est, — au fond, — qu'une préparation à leur *régression* et à leur *disparition* chez les *Dipneustes*.

A cet égard, les *Crossoptérygiens* évoluent donc encore *dans le sens Dipneuste*.

8. Narines.

Les narines de certains *Crossoptérygiens* sont également une *adaptation* conduisant aux *Dipneustes*.

Car, — *Osteolepis* et *Diplopterus* (110) ont les narines à la face inférieure du museau, — comme les *Dipneustes*.

Et les *Crossoptérygiens*, — *Polypterus* (111), — qui n'ont pas les narines ainsi placées, — sont privés de la respiration pulmonaire.

Dès lors, — il est probable qu'*Osteolepis* et *Diplopterus*, — qui ont les narines situées comme celles de *Dipterus* et de *Ceratodus*, — jouissaient, — de même que ces *Dipneustes*, — mais à un moindre degré, sans doute, — de la *respiration atmosphérique*, — à côté de leur *respiration aquatique*.

9. Dentition.

Dans l'état actuel de nos connaissances, — la dentition *cténodonte* sépare largement, — au point de vue *taxonomique*, — les *Dipneustes*, — même les plus primitifs (*Dipterus*), — des *Crossoptérygiens*.

Mais en est-il ainsi au point de vue *phylogénique*?

Assurément, non. En effet, personne ne niera que, — quels que soient les ancêtres qu'on accorde aux *Dipneustes*, — la dentition *cténodonte* provient d'une dentition normale complète, — dont elle n'est, après tout, qu'une spécialisation.

La *dentition des Dipneustes* est analogue à la dentition de *Deltoptychius* ou de *Pœcilodus* (112).

Or, celles-ci se rattachent indiscutablement au type normal par des étapes convaincantes : *Cestracion*, *Psephodus*, *Cochliodus*, *Deltoptychius*.

La *dentition des Dipneustes* est encore analogue aux plaques dentaires de *Cheirodus*,

Qui est assez peu éloigné de *Platysomus* pour qu'on puisse les laisser, tous deux, dans la même famille, les *Platysomidæ* (113).

D'après cela, la *dentition des Dipneustes* n'est pas essentiellement différente de celle des *Crossoptérygiens*.

Il y a un hiatus à combler : voilà tout. Et l'expérience du passé montre que c'est là une simple question de temps.

Quant à la *disparition du prémaxillaire* et du *susmaxillaire* chez les *Dipneustes*, ce n'est pas, non plus, une sérieuse difficulté pour faire descendre ces Poissons des *Crossoptérygiens*.

Cette disparition résultant, évidemment, de la transformation de la dentition.

10. Suspension de l'appareil masticatoire.

Sans vouloir absolument méconnaître l'importance *taxonomique* de l'*autostylie* (114), — je ne puis la considérer comme un caractère fondamental.

C'est une pure *conséquence* de l'*adaptation* à un régime *tritrateur*

très accentué (*mylodonte*), — dans un but de *consolidation* de l'*appareil masticatoire*.

Je vais donner mes raisons.

1. En premier lieu, la Morphologie démontre, certainement, sans réplique, que les *Vertébrés autostyliques* dérivent de *Vertébrés hyostyliques*.

Et l'Embryologie confirme cette conclusion (115).

2. Puis, les *Vertébrés gnathostomes* comprennent deux grands groupes parallèles : les *Chondroptérygiens* (Holocéphales + Élasmo-branches) et les *Ostéoptérygiens* (Dipneustes + Téléostomiens).

Or, les *Chondroptérygiens mylodontes* les plus spécialisés (*Holocéphales*) sont autostyliques.

Et les *Ostéoptérygiens mylodontes* les plus spécialisés (*Dipneustes*) le sont aussi.

Preuve que l'*autostylie* est une chose entièrement *adaptive*, puisque nous sommes uniquement ici en présence d'un cas de *convergence*.

3. Enfin, quand les *Chondroptérygiens*, tout en étant *mylodontes*, ne le sont pas à un degré aussi avancé que les Holocéphales, ils offrent seulement une tendance à l'autostylie : c'est l'*amphistylie* de *Cestracion* (116).

Mais, — si *Cestracion* est déjà amphistylie, — il ne peut y avoir de doute que, — le jour où on exhumera le crâne de *Deltoptychius* (117), — on constatera que ce crâne est *autostylie*.

Et, alors, on aura une série ininterrompue, — *Cestracion*, *Psephodus*, *Cochliodus*, *Deltoptychius*, — dont le premier terme sera *amphistylie*, — tandis que le dernier sera *autostylie*.

Répartira-t-on, pour cela, ces quatre *Cochliodontes* en deux ordres ? Je ne le crois pas.

4. Par conséquent, — l'*autostylie* n'a rien de radicalement différent de l'*hyostylie*, — dont elle *provient*, — et dont elle n'est qu'une *adaptation* à un *régime triturateur* très spécialisé, — dans un but de *consolidation* de l'*appareil masticatoire*.

5. Par conséquent, aussi, — l'*autostylie* des *Dipneustes* ne les empêche nullement de descendre des *Crossoptérygiens hyostyliques*.

11. En résumé, donc, — non seulement la structure des *Dipneustes* les plus anciens et les plus primitifs montre qu'il faut chercher les ancêtres de ce groupe dans les *Crossoptérygiens*, — mais ceux-ci ne sont pas les Ganoïdes les plus archaïques : ils représentent, au contraire, une adaptation dans la direction des *Dipneustes*.

IV

DESCENDANCE DES DIPNEUSTES.

1. Après avoir étudié l'évolution et l'origine des *Dipneustes*, il nous reste à dire un mot de leur *descendance*.

2. Il est, en effet, assez intéressant de se demander si ces Poissons, — qui, comme tels, se sont continués jusqu'à nos jours, — n'ont pas, au cours des temps géologiques, donné naissance à un *rameau latéral*, qui se serait prolongé jusqu'à nous sous une forme peut-être très différente de la souche.

3. Or, précisément, on admet fort généralement, avec M. E. Hæckel (118), professeur à l'Université d'Iéna, que *certaines Dipneustes fossiles sont les ancêtres directs des Batraciens*.

4. Mais, — conformément aux vues exprimées par, — M. J. E. V. Boas (119), professeur à l'École vétérinaire de Copenhague, — M. E. D. Cope (120), professeur à l'Université de Pensylvanie, à Philadelphie, — et M. J. S. Kingsley (121), professeur à Tufts College, College Hill (États-Unis), — je pense qu'il n'en est rien.

• 5. Car, le *Dipneuste le plus ancien*, — *Dipterus Valenciennesi*, de la partie inférieure du Dévonien inférieur, — est déjà beaucoup trop *spécialisé* pour qu'il soit permis de le regarder comme le point de départ des *Batraciens*.

6. Effectivement :

1. Sa *dentition* est infiniment *plus réduite* que celle de ces Vertébrés terrestres ;

2. Il est *plus autostylique* que les Batraciens ;

3. Il a complètement *perdu* le *prémaxillaire* et le *susmaxillaire*, que la plupart des Batraciens ont encore conservés (122).

7. Enfin, — au travers des terrains, — *Dipterus Valenciennesi* nous conduit bien, par une série d'étapes progressives, à des *Dipneustes* de plus en plus *anguilliformes* (*Lepidosiren*), — mais, par contre, nous ne trouvons aucun indice d'une *branche secondaire*, qui, de cette ligne principale, nous mènerait aux *Batraciens*.

8. Je crois donc que les *Batraciens* ne descendent pas des *Dipneustes*, — et que ceux-ci représentent un groupe fermé, un groupe-terminus, — destiné à s'éteindre comme tel, — après être devenu *encore plus anguilliforme*, — si tant est qu'il ne disparaisse pas avant d'avoir pu évoluer.

En d'autres termes, — que l'évolution des *Dipneustes* va *uniquement* d'un *type pisciforme* vers un *type anguilliforme*, — et, nullement, à aucune époque de son histoire, vers le *type quadrupède* des *Vertébrés terrestres*.

9. Je crois aussi que la souche des *Batraciens* doit être cherchée *directement* dans les *Crossoptérygiens*, — groupe pour lequel les difficultés signalées plus haut n'existent pas, et dont certains genres avaient probablement déjà des poumons (123).

V

CONCLUSIONS.

I. — *Dipterus Valenciennesi* est le *plus primitif* des *Dipneustes* connus.

II. — Dans ses grandes lignes, l'évolution des *Dipneustes*, depuis le Dévonien inférieur, nous est représentée par la série suivante, dans l'ordre même de l'énumération de ses termes :

Dipterus Valenciennesi, — *Dipterus macropterus*, — *Scaumenacia*, — *Phaneropleuron*, — *Uronemus*, — *Utenodus*, — *Ceratodus*, — *Protopterus*, — *Lepidosiren*.

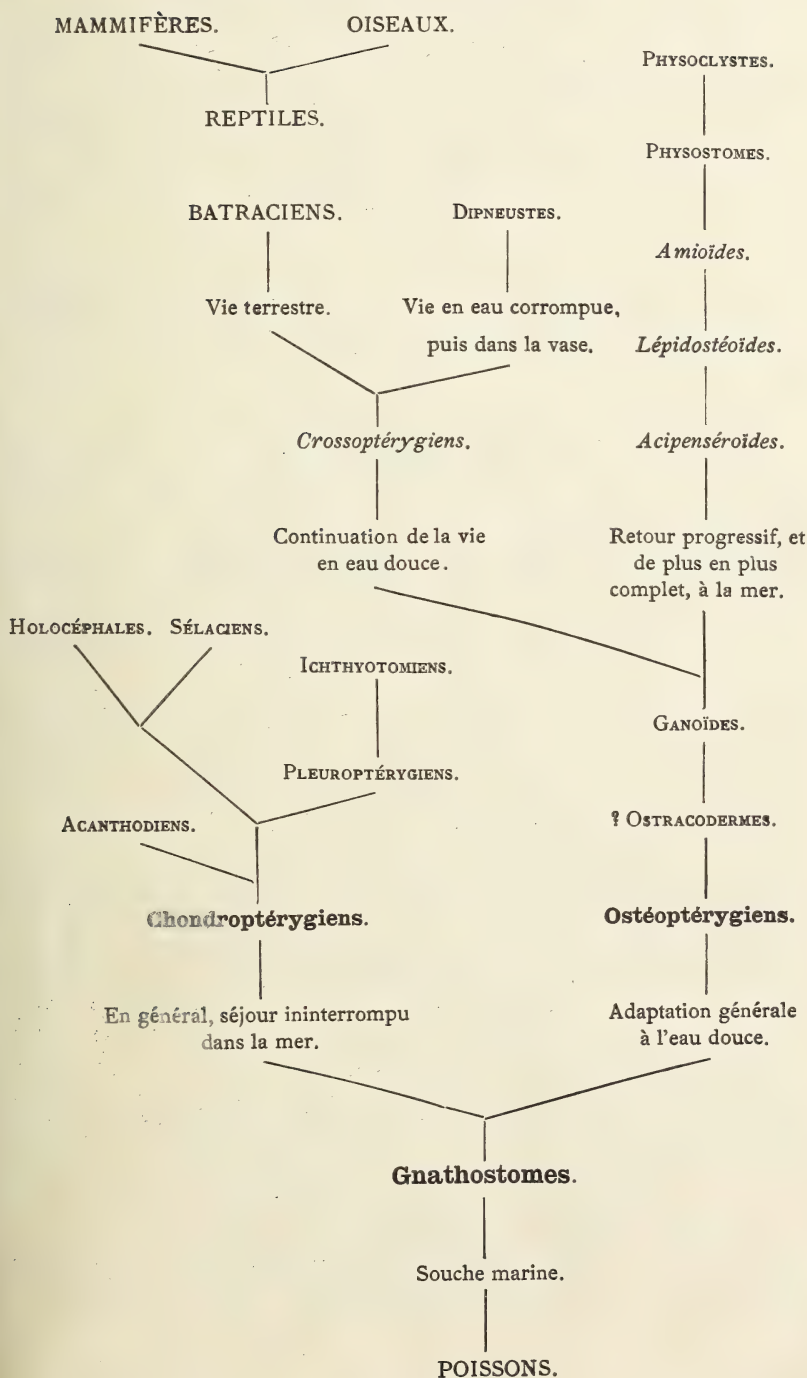
III. — Il faut chercher l'origine des *Dipneustes* dans les *Ganoïdes crossoptérygiens*.

IV. — Les *Batraciens* ne constituent pas la *descendance* des *Dipneustes* : ils proviennent directement aussi des *Ganoïdes crossoptérygiens*.

V. — Les *Dipneustes* évoluent *uniquement* d'un *type pisciforme* vers un *type anguilliforme*.

Cet ordre n'est rien autre chose qu'un *groupe-terminus*, — dérivant d'une souche qui a également donné naissance aux *Batraciens*.

VI. — La *phylogénie* des *Vertébrés gnathostomes* peut être résumée dans le tableau ci-après, sur lequel je reviendrai en détail ultérieurement :



NOTES.

(1) A. S. WOODWARD. *Catalogue of the Fossil Fishes in the British Museum*. Part II, p. XXI, Londres, 1891.

— R. H. TRAQUAIR. *A. S. Woodward's Catalogue of Fossil Fishes*. GEOLOGICAL MAGAZINE, 1891, p. 126.

(2) A. S. WOODWARD. *Catalogue*, etc., Part II, p. xx.

(3) J. A. RYDER. *On the Origin of Heterocercy and the Evolution of the Fins and Fin-rays of Fishes*. UNITED STATES COMMISSION OF FISH AND FISHERIES. REP. COMM. 1884, Washington, 1886, p. 991.

J'étends le mot à toute diphyrcerie secondaire, pour éviter la multiplication des termes. Nous verrons plus loin, en effet, qu'il y a des diphyrceries secondaires très variées.

(4) R. H. TRAQUAIR. *Notes on the Devonian Fishes of Campbelltown and Scaumenac Bay in Canada* (n° 3). GEOLOGICAL MAGAZINE, 1893, p. 263.

(5) F. M. BALFOUR et W. N. PARKER. *On the Structure and Development of Lepidosteus*. PHIL. TRANS. ROY. SOC. LONDON, 1882, vol. 173, p. 411.

(6) B. DEAN. *Contributions to the Morphology of Cladoselache*. JOURNAL OF MORPHOLOGY, 1894, vol. IX, p. 102.

(7) A. S. WOODWARD. *Catalogue*, etc., Part II, p. 234.

— R. H. TRAQUAIR. *Notes on the Devonian Fishes*, etc. (n° 3), p. 263.

(8) Selon M. Geikie, les couches de *Dura Den* (Fifeshire), à *Phaneropleuron Andersoni*, ont une faune spéciale ; de plus, elles sont situées immédiatement au-dessous de la base du Carbonifère, et en stratification concordante avec celle-ci ; enfin, elles ont une puissance beaucoup moindre que celle du *Vieux Grès Rouge supérieur* en d'autres points de l'Écosse.

Pour ces raisons, il est probable que les couches de *Dura Den* représentent la partie la plus récente de l'*Upper Old Red Sandstone*.

(9) Quoique considérées, de commun accord, comme appartenant au *Dévonien supérieur*, les couches de *Scaumenac Bay*, à *Scaumenacia curta*, renferment, pourtant, *Cephalaspis* et *Diplacanthus*, rencontrés seulement, auparavant, dans le *Lower Old Red Sandstone*.

Il est donc vraisemblable que ces couches doivent être rangées dans la partie inférieure de l'*Upper Old Red Sandstone*.

[R. H. TRAQUAIR. *Notes on the Devonian Fishes*, etc. (n° 1). GEOLOGICAL MAGAZINE, 1890, p. 16 ; A. S. WOODWARD. *Further Contributions to Knowledge of the Devonian Fish-Fauna of Canada*. GEOLOGICAL MAGAZINE, 1892, p. 482].

(10) *Couches de John O'Groats, à Tristichopterus alatus* (Upper Flagstone Group).

(R. H. TRAQUAIR. *On a New Species of Dipterus*. GEOLOGICAL MAGAZINE, 1889, p. 98; A. GEIKIE. *On the Old Red Sandstone of Western Europe*. TRANS. ROY. SOC. EDINBURGH, 1878, vol. XXVIII, p. 452).

(11) Lower Flagstone Group (A. GEIKIE. *On the Old Red*, etc., p. 452).

(12) A. S. WOODWARD. *Catalogue*, etc., Part II, p. 234.

— R. H. TRAQUAIR. *Notes on the Devonian Fishes*, etc., (n° 3), p. 263.

(13) « The tail thus formed is beautifully diphyccercal, as seen in Fig. 2; there being, however, as above remarked, a slight upward curvature of the axis of the body at its caudal extremity. »

[R. H. TRAQUAIR. *On Phaneropleuron Andersoni* (Huxley), and *Uronemus Lobatus* (Agassiz). JOURN. ROY. GEOL. SOC. IRELAND, 1871, vol. III, p. 45].

(14) « The tail of Phaneropleuron is then beautifully diphyccercal, a slight tendency to the heterocercal form being, however, shown by a very constant, though slight, upward curvature of the caudal extremity of the body. »

(R. H. TRAQUAIR. *On Phaneropleuron*, etc., p. 42).

(15) « The base of the second dorsal extends to a point a little beyond the commencement of the lower lobe of the caudal, but as its rays are long, and the posterior ones directed nearly horizontally backwards, the fin seems to extend near to the tip of the tail... As regards the caudal fin it is in reality *heterocercal*, the upper lobe being represented only by very short rays towards the tip of the body prolongation... »

[R. H. TRAQUAIR. *Notes on the Devonian Fishes*, etc., (n° 3), p. 263].

(16) A. AGASSIZ. *On the Young Stages of some Osseous Fishes*. I. *Development of the Tail*. PROC. AMER. ACAD. ARTS A. SCIENCES, 1877, vol. XIII, p. 119.

(17) R. H. TRAQUAIR. *Notice of New Fish Remains from the Blackband Ironstone of Borough Lee, near Edinburgh* (n° 2). GEOLOGICAL MAGAZINE, 1881, p. 491.

(18) A. FRITSCH. *Fauna der Gaskohle und der Kalksteine der Permformation Böhmens*. Vol. III, 2^e partie, Prague, 1893.

(19) A. S. WOODWARD. *Note on the Evolution of the Scales of Fishes*. NATURAL SCIENCE, 1893, p. 449.

— A. S. WOODWARD. *The Fossil Fishes of the Hawkesbury Series at Talbragar*. MEM. GEOL. SURV. N.S. WALES, N° 9, Pl. IV, fig. 1-7.

— A. S. WOODWARD. *Catalogue*, etc., Part III, p. 157.

(20) A. S. WOODWARD. *Catalogue*, etc., Part II, p. 235.

(21) A. S. WOODWARD. *Catalogue*, etc., Part II, p. 250 et Pl. IV, fig. 1.

(22) A. GÜNTHER. *Description of Ceratodus, a genus of Ganoid Fishes, recently discovered in Rivers of Queensland, Australia*. PHIL. TRANS. ROY. SOC. LONDON, 1871. Vol. 161, p. 524.

(23) TH. L. W. BISCHOFF. *Lepidosiren paradoxa*. Leipzig, 1840, p. 10 et Pl. IV, fig. I.

(24) R. H. TRAQUAIR. *On the Genera Dipterus, Sedgw. and Murch., Palædaphus*,

Van Beneden and De Koninck, Holodus, Pander, and Cheiroodus, Mac Coy. ANN. AND MAG. NAT. HIST., 1878, vol. II, p. 9.

(25) T. H. HUXLEY. *Phaneropleuron Andersoni*. MEM. GEOL. SURV. U. K., 1861, Dec. X, p. 48.

— R. H. TRAQUAIR. *On Phaneropleuron*, etc., p. 43.

(26) R. H. TRAQUAIR. *On the Genera*, etc., p. 9.

(27) R. H. TRAQUAIR. *Notice of New Fish Remains*, etc. (n° 3). GEOLOGICAL MAGAZINE, 1882, p. 544.

(28) A. GÜNTHER. *Ceratodus*, etc. Pl. XXXV, fig. 1.

(29) J. HYRTL. *Lepidosiren paradoxa*. Prague, 1845, Pl. I, fig. 1, *kk*.

(30) R. H. TRAQUAIR. *On the Genera*, etc., p. 9.

(31) R. H. TRAQUAIR. *The Ganoïd Fishes of the British Carboniferous Formations*. PALÆONTOGRAPHICAL SOCIETY, Londres, 1877, p. 39.

— R. H. TRAQUAIR. *Notes on Chondrosteus acipenseroides*, Agassiz. GEOLOGICAL MAGAZINE, 1887, p. 248.

— A. S. WOODWARD. *On the Palæontology of Sturgeons*. PROC. GEOLOGISTS' ASSOC., 1889, vol. XI, p. 24.

(32) R. H. TRAQUAIR. *Notice of New Fish Remains*, etc. (n° 6). GEOLOGICAL MAGAZINE, 1890, p. 252.

— R. H. TRAQUAIR. *Notes on the Devonian Fishes*, etc. (n° 3), p. 264.

M. Traquair qualifie la dentition typique des Dipneustes de *cténodonte*.

Et il exprime l'opinion que la dentition d'*Uronemus*, — avec ses petits tubercules internes arrondis et sa rangée externe de courtes dents coniques, comprimées latéralement, confluentes à la base, — serait *non-cténodonte*.

Je crois, au contraire, que cette dentition est *ultra-cténodonte*.

En effet, dès la partie inférieure du Dévonien inférieur, l'appareil triturateur *cténodonte*, — après tout, remarquablement *uniforme*, — des Dipneustes est déjà complètement constitué (*Dipterus Valenciennesi*).

Quelle vraisemblance y a-t-il, dès lors, qu'un genre du Carbonifère (*Uronemus*) ait encore conservé une dentition palatine primitive, soit préhensile, soit tranchante, à dents isolées (ou presque)?

Surtout, quand ce genre, par la nature de ses nageoires impaires, notamment, montre qu'il a déjà pas mal évolué?

• D'autre part, M. Traquair nous dit que les « dents » d'*Uronemus* ressemblent intimement aux denticules des crêtes des plaques dentaires (cténodontes) de *Dipterus*.

Que faut-il conclure?

Qu'*Uronemus*, — ayant cessé de triturer, — la dentition cténodonte de ses ancêtres s'est résolue en les denticules de ses crêtes, — dans le but de réaliser, à nouveau, un appareil préhenseur ou découpeur, — avec disparition des parties intermédiaires, inutiles, des plaques dentaires.

La dentition d'*Uronemus* est donc *ultra-cténodonte*, ayant passé par la phase cténodonte.

Si la dentition cténodonte des Dipneustes doit son origine au processus qui a formé la dentition cochliodonte des Elasmobranches (A. S. WOODWARD. *The Evolution of*

Sharks' Teeth, NATURAL SCIENCE, 1892, p. 671), *Uronemus* est un bel exemple de l'irréversibilité de l'évolution (L. DOLLO. *Les Lois de l'Evolution*. BULL. SOC. BELG. GÉOL., PALÉONT., HYDR., 1893. vol. VII, p. 164) : car les *denticules* qui ont pris l'apparence et la fonction de véritables dents sont bien plus nombreux que les dents dont ils proviennent ; et les *tubercules* appartiennent à des dents de remplacement, qui ne venaient que plus tardivement en usage au stade précténodonte.

(33) W. B. SCOTT. *On Variations and Mutations*. AMER. JOURN. SC. (SILLIMAN), 1894, vol. 48, p. 363.

(34) T. H. HUXLEY. *Observations on the Development of some parts of the Skeleton of Fishes*. QUART. JOURN. MICROSC. SC., 1859, vol. VII, p. 33.

— P. J. VAN BENEDEN. *Sur le développement de la queue des poissons plagiotomes*. BULL. ACAD. ROY. BELG., 1861, vol. XI, p. 293.

— A. AGASSIZ. *Young Stages*, etc., I, p. 117.

— J. A. RYDER. *Origin of Heterocercy*, etc., p. 985.

(35) FRITZ MÜLLER. *Für Darwin*. Leipzig, 1864.

— E. HÆCKEL. *Generelle Morphologie der Organismen*. Berlin, 1866.

(36) Pour les Cyclostomes, consulter : A. DOHRN. *Der Ursprung der Wirbelthiere und das Princip des Functionswechsels*. Leipzig, 1875, p. 35.

On peut admettre que la forme du corps et les nageoires des Cyclostomes soient des adaptations au mode de vie, sans que, nécessairement, pour cela, la larve de ces Poissons soit une intercalation secondaire, — et l'*Amphioxus* un être pédogénétique. C'est ce que je fais ici.

(37) Sur ce point, je vais encore plus loin que M. Dean (*Morphology of Cladose-lache*, etc., p. 101), qui écrit :

« The only fish group whereby true diphycercy can claim antiquity among fossil forms is the Dipnoan... »

On a vu, plus haut, que les données paléontologiques contredisent nettement cette assertion.

— L'apparition ontogénique précoce des rayons dans le lobe ventral de la nageoire hétérocerque ne prouve nullement, comme le pense M. Dean (p. 102), que ces rayons soient, phylogéniquement, plus anciens que les autres rayons de la queue.

Ils apparaissent plus tôt que ceux-ci, parce que, chez l'adulte, ils auront une taille plus considérable (J. MASSART. *La récapitulation et l'innovation en embryologie végétale*. BULL. SOC. ROY. BOTAN. BELG., 1894, vol. XXXIII, p. 236).

C'est là un cas d'*hétérochronie*, phénomène dont il y a bien d'autres exemples connus.

On sait, en effet, que, sous sa forme la plus absolue, la *loi de la récapitulation* s'énonce ainsi : l'*Ontogénie* répète la *Phylogénie*. Mais, — sous l'influence combinée des *Variations individuelles* dans l'*Ontogénie* (J. E. V. BOAS. *Ueber den ungleichen Entwicklungsgang der Salzwasser- und der Süßwasser-Form von Palaemonetes varians*. ZOOLOG. JAHRBÜCH. Syst. Geogr. Biol., 1889, vol. IV, p. 793) et de la *Sélection naturelle*, — cette loi est soumise à de nombreuses *perturbations*, — qu'on peut résumer de la manière suivante :

1. *Dilatation* : prolongation de durée des phases ; — Axolotl.

2. *Contraction* : réduction de durée des phases ; — Raccourcissement de la gestation chez les Mammifères domestiques, par rapport aux espèces sauvages correspondantes.

3. *Hétérochronie* : interversion de l'ordre des phases ; — Apparition tardive des dents, qui, chez l'Homme, notamment, devraient déjà être complètement développées lors de la présence des arcs viscéraux, puisque nos ancêtres branchifères étaient assurément dentés.

4. *Suppression* : disparition de phases ; — Perte du Nauplius.

5. *Intercalation* : introduction de phases nouvelles ; — Placenta.

Enfin, il y a encore le *développement direct*, sans aucune récapitulation, comme dans l'*hyستolyse* (Insectes à métamorphoses complètes).

Malgré ses perturbations, il n'y a point de doute, cependant, que la *loi de la récapitulation* ne réponde à une réalité.

L'existence des *arcs branchiaux embryonnaires* chez les *Vertébrés amniotes*, — le développement de la *Sacculine*, — celui de l'*Entoconcha*, — suffiraient, à eux seuls, à la démontrer.

Toutefois, il ne faut l'appliquer qu'avec discrimination, — après discussion, dans chaque cas.

Pour en revenir à la *queue hétérocerque*, tous les rayons y sont, phylogéniquement, contemporains. Mais ceux du lobe ventral, en raison de leur taille exceptionnelle, apparaissent, ontogéniquement, prématurément : il y a donc simplement, ici, *hétérochronie*.

— La queue de *Cladoselache* est une queue *hétérocerque tronquée*, par opposition aux queues *hétérocerques échancrées* (*Palæoniscus*), comme il y a des queues *homocerques tronquées* (*Gadus luscus*), par opposition aux queues *homocerques échancrées* (*Scomber scomber*).

A quelles adaptations correspondent ces deux types de queues en éventail ?

(38) T. H. HUXLEY. *Glyptolæmus Kinnairdi*. MEM. GEOL. SURV. U. K., 1861, Dec. X, p. 41.

— T. H. HUXLEY. *Preliminary Essay upon the Systematic Arrangement of the Fishes of the Devonian Epoch*. MEM. GEOL. SURV. U. K., 1861, Dec. X, p. 1.

(39) A. S. WOODWARD. *Catalogue*, etc., Part II, p. 368.

(40) A. GEIKIE. *On the Old Red*, etc., p. 451 (*Dipterus macrolepidotus*, — Lower Old Red Sandstone, Lower Flagstone Group, Berriedale Flags).

— R. H. TRAQUAIR. *Notes on the Nomenclature of the Fishes of the Old Red Sandstone of Great Britain*. GEOLOGICAL MAGAZINE, 1888, p. 516 [*Thursius (Dipterus) macrolepidotus*].

(41) T. H. HUXLEY. *Illustrations of the Structure of the Cœlacanthini*. MEM. GEOL. SURV. U. K., 1866, Dec. XII, p. 6.

— O. M. REIS. *Die Cœlacanthinen, mit besonderer Berücksichtigung der im Weissen Jura Bayerns vorkommenden Gattungen*. PALÆONTOGRAPHICA, 1888, vol. XXXV, p. 1.

— A. S. WOODWARD. *Catalogue*, etc., Part II, p. 394.

(42) R. H. TRAQUAIR. *On the Structure and Affinities of Tristichopterus alatus*, *Edgerton*. TRANS. ROY. SOC. EDINBURGH, 1875, vol. XXVII, p. 383.

(43) J. F. WHITEAVES. *Illustrations of the Fossil Fishes of the Devonian Rocks of Canada*. PROC. AND TRANS. ROY. SOC. CANADA, 1889, vol. VI, p. 78.

(44) « If this view be correct, we have in *Eusthenopteron* a condition almost unique among fishes, for though sclerotic ossifications are not uncommon amongst

them, in no fish except certain Coelacanthos do they assume the form of a continuous ring of quadrangular plates as they do in recent Birds and Lizards and in extinct Ichthyosauria and Stegocephala. » [R. H. TRAQUAIR. *Notes on the Devonian Fishes*, etc. (N° 1), p. 18].

(45) A. S. WOODWARD. *Catalogue*, etc., Part II, p. 416.

(46) E. D. COPE. *Observations on the Systematic Relations of the Fishes*. PROC. AMER. ASSOC. ADV. SC., 1871, p. 340.

— A. GÜNTHER. *Catalogue of the Fishes in the British Museum*, vol. IV, p. 399. Londres, 1862.

— P. BLEEKER. *Atlas ichthyologique des Indes orientales néerlandaises*. Pl. CCXXXII et CCXLI, Amsterdam, 1866-72, vol. 6.

(47) A. GÜNTHER. *Catalogue*, etc., vol. IV, p. 490.

(48) A. AGASSIZ. *Young Stages*, etc., II. *Development of the Flounders*. 1878, vol. XIV. Pl. X, fig. 1.

(49) J. A. SMITH. *Description of Calamoichthys, a new Genus of Ganoid Fish from Old Calabar, Western Africa; forming an addition to the Family Polyp-
terini*. TRANS. ROY. SOC. EDINBURGH, 1866, vol. XXIV, p. 457.

— R. H. TRAQUAIR. *Observations on the Internal Structure of Calamoichthys, a new Genus of Ganoid Fish, from Old Calabar, Western Africa*. PROC. ROY. SOC. EDINBURGH, 1866, vol. V, p. 657.

— R. H. TRAQUAIR. *Notes on Calamoichthys Calabaricus (J. A. Smith)*. JOURN. GEOL. SOC. IRELAND, 1870, vol. II, p. 249.

(50) A. KÖLLIKER. *Ueber das Ende der Wirbelsäule der Ganoiden und einiger Teleostier*. Leipzig, 1860, p. 4.

(51) T. H. HUXLEY. *Observations*, etc., p. 42.

(52) C. EMERY. *Fierasfer*. FAUNA UND FLORA DES GOLFES VON NEAPEL, vol. II, 1880, Pl. I, fig. 3; Pl. II, fig. 17.

— J. A. RYDER. *Origin of Heterocercy*, etc., p. 995.

(53) En vue de compléter la terminologie relative à la queue des Vertébrés aquatiques, je propose d'appeler, — *antihétérocerque*, la queue des Ichthyosauriens, — *platycerque*, la queue des Mammifères marins (L. DOLLO. *Sur l'origine de la nageoire caudale des Ichthyosaures*. BULL. SOC. BELG. GÉOL., PALÉONT., HYDR., 1892. vol. VI. p. 167).

(54) F. M. BALFOUR et W. N. PARKER. *On the Structure*, etc., p. 411.

— « Wherever an organ is reduced to a rudimentary condition, individual variation occurs. Thus scarcely two specimens of *Ceratodus* will be found in which the caudal termination of the vertebral column is exactly alike. One of the most remarkable variations is figured on Plate XXX, fig. 3. The notochord, with its whitish fibrous sheath, terminates here abruptly at a considerable distance from the end of the tail, its termination (*n*) being rather obtuse. » (A. GÜNTHER. *Ceratodus*, etc., p. 527).

N'est-ce pas là quelque chose d'analogue à ce qui se passe chez *Fierasfer*, le type de la *géphyrocercie*?

Seulement, *Ceratodus*, — descendant direct d'hétérocerque, — n'a perdu que la vraie caudale, — et il lui reste : $D^2 + A^2$.

Tandis que, *Fierasfer*, — descendant d'homocerque, — où la vraie caudale a déjà disparu, avant l'avortement de la deuxième anale, — ne possède plus que : $D^2 + A^1$.

(55) L. DOLLO. *Lois de l'Evolution*, etc., p. 164.

(56) A. S. WOODWARD. *Catalogue*, etc. Part II, p. xx.

(57) R. SEMON. *Zoologische Forschungsreisen in Australien und dem malayischen Archipel*. Vol. I. *Ceratodus*. 1893. Iéna.

« *Ceratodus* ist demnach noch ein vollkommenes Wasserthier; die bei ihm beobachtete Lungenathmung ist nicht als eine Anpassung an zeitweiliges Leben im Trocknen, sondern als Anpassung an ein Leben in zeitweilig zur Athmung untauglichem Wasser entstanden. » P. 24.

« Sicher ist, dass er bei Tage oft längere Zeit bewegungslos auf einem Flecke liegt, mit Vorliebe längs der riesigen Baumstrünke, die allenthalben im Flussbette zerstreut liegen, unter der Wölbung verborgen und beschattet. Stets wählt er dabei die tieferen Stellen der Wasserlöcher aus; ... » p. 21.

« Die Langsamkeit und Schwerfälligkeit des Thieres... » p. 20.

(58) F. STUHLMANN. *Zweiter Bericht über eine mit Unterstützung der Königlichen Akademie der Wissenschaften nach Ost-Africa unternommene Reise*. SITZUNGSBER. D. K. PREUSS. AKAD. D. WISS. Z. BERLIN, 1889, p. 654.

« In den Flüssen selbst habe ich niemals ein Exemplar gefunden, während flache, in der Trockenzeit verschwindende Sümpfe, diese Fische massenhaft beherbergen. »

(59) J. BOHLS. *Mittheilungen über Fang und Lebensweise von Lepidosiren aus Paraguay*. NACHRICHTEN V. D. K. GES. D. WISS. Z. GÖTTINGEN, 1894, p. 80.

« Anfang September vorigen Jahres gelang es mir, *Lepidosiren* in den im Innern des Chaco (das rechte Ufer des Paraguayflusses) befindlichen Sümpfen wieder aufzufinden. Im Paraguaystrome und seinen Nebenflüssen kommt er nicht vor; ... »

(60) A. GÜNTHER. *Ceratodus*, etc. Pl. XXX, fig. 1.

(61) J. E. GRAY. *Observations on a Living African Lepidosiren in the Crystal Palace*. PROC. ZOOL. SOC. LONDON, 1856, Pl. XI.

(62) E. R. LANKESTER. *The Limbs of Lepidosiren paradoxa*. NATURE, 1894, vol. 49, p. 555.

(63) A. GÜNTHER. *Ceratodus*, etc. Pl. XXX, fig. 1.

(64) J. E. GRAY. *Observations*, etc. Pl. XI.

(65) E. R. LANKESTER. *The Limbs*, etc., p. 555.

(66) Nous rencontrons, ici, une de ces transformations qui ne sont explicables que par la discontinuité de l'évolution.

En effet, l'allongement d'une région du corps par étirement (ceci n'est qu'une image, bien entendu) de ses segments, — exemple : cou de la Girafe, — peut, théoriquement, se faire par degrés absolument insensibles, — évolution continue.

Mais, l'allongement d'une région du corps par multiplication de ses segments, — exemple : tronc du *Lépidosirène*, — ne peut se concevoir qu'au moyen de sauts plus ou moins brusques, — évolution discontinue.

Car il a lieu, au minimum, par un segment à la fois.

Ou, plus probablement, par plusieurs segments d'un seul coup, — ce qui semble

résulter, notamment, de la grande amplitude des variations individuelles dans le nombre des vertèbres des Ophidiens.

On comprendra de suite l'importance de l'étude de l'*intercalation*, ou de la *suppression*, de *segments*, — pour la question de la *discontinuité de l'évolution*, — si on réfléchit que, — laissant momentanément de côté les *Protistes* et les *Végétaux*, chez lesquels cette loi trouve aussi son application, — tous les *Animaux* [à l'exception des Porozoaires et de certains Cnidozoaires (Hydrocnidaires)] sont, en définitive, *segmentés*, ou l'ont été.

(A. SEDGWICK. *On the Origin of Metameric Segmentation and some other Morphological Questions*. QUART. JOURN. MICROSC. SC., 1884, vol. XXIV, p. 43; E. VAN BENEDEN. *Recherches sur le développement des Arachnactis*. ARCHIVES DE BIOLOGIE, 1891, vol. XI, p. 119; A. LAMEERE. *L'Origine des Vertébrés*. BULL. SOC. BELG. MICROSC., 1891, vol. XVII, p. 91; A. LAMEERE. *Prolégomènes de Zoogénie*. BULL. SCIENT. GIARD, 1891, vol. XXIII, p. 399).

Et ce n'est là qu'une face du problème de la *discontinuité*. Mais je ne puis m'appesantir davantage sur ce sujet. Je le traiterai, d'ailleurs, en détail dans mon livre sur *Les Lois de l'Évolution*.

L. DOLLO. *Lois de l'Évolution*, etc., p. 164 (1893).

W. BATESON. *Materials for the Study of Variation treated with especial regard to Discontinuity in the Origin of Species*. Londres, 1894.

H. DE VRIES. *Ueber halbe Galton-Curven als Zeichen discontinuierlicher Variation*. BER. D. DEUTSCH. BOT. GESELLS., 1894, vol. XII, p. 197.

(67) A. GÜNTHER. *Ceratodus*, etc., p. 527.

(68) R. OWEN. *Description of the Lepidosiren annectens*. TRANS. LINN. SOC. LONDON, 1839, vol. XVIII, p. 337

(69) TH. L. W. BISCHOFF, *Lepidosiren*, etc., p. 5.

— J. HYRTL. *Lepidosiren*, etc., p. 9.

(70) J. E. V. BOAS. *Ueber Herz und Arterienbogen bei Ceratodus und Protopterus*. MORPH. JAHR., 1880. Vol. VI, p. 337 et 344.

— W. N. PARKER. *On the Anatomy and Physiology of Protopterus annectens*. TRANS. ROY. IRISH. ACAD., 1892. Vol. XXX, p. 161.

— Chose curieuse, ce n'est pas parmi les Dipneustes qu'on rencontre le Poisson dont l'*appareil branchial* est le plus réduit.

Ce Poisson est un *Physoclyste anguilliforme* (*Amphipnous cuchia*.) Ici, on a :

Hy. I. II. III. IV. V.

Amphipnous. — 3 fentes. — 2 hémibranchies : $\underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad 2 \quad \underbrace{\quad\quad\quad}_0 \quad \underbrace{\quad\quad\quad}_0$

Sans parler de la *régression profonde*, — de la *hauteur des fentes branchiales*, — ainsi que du *nombre* et des *dimensions des lamelles branchiales*.

Aussi, la *respiration aquatique* a, fonctionnellement, complètement disparu.

Elle est remplacée par une *respiration atmosphérique*, — qui se fait au moyen de *sacs pseudopulmonaires* (diverticulums de la cavité branchiale).

J. HYRTL. *Ueber den Amphibienkreislauf von Amphipnous und Monopterus*. DENKSCHR. D. K. AKAD. D. WISS., Vienne, 1858. Vol. XIV, p. 40.

F. DAY. *The Fishes of India*. Londres, 1878-88, p. 655.

(71) Tandis que la transformation, — en avant, — d'un type vivant dans l'*eau corrompue* (donc, analogue à *Ceratodus*) en un type séjournant dans la *vase* (existence

en eau corrompue aggravée), semble des plus naturelles pour les Dipneustes, — puisque 2, sur 3, des *Dipneustes actuels* l'ont réalisée *indépendamment*.

Indépendamment, — car il est peu probable qu'il y ait une connexion génétique *directe* entre *Protopterus* et *Lepidosiren* : outre l'éloignement de l'*habitat* (Ancien Monde et Nouveau Monde), chacun a des *spécialisations secondaires* qui lui sont propres (*Protopterus* : branchies externes ; *Lepidosiren* : villosités des nageoires ventrales).

W. PETERS. *Ueber einen dem Lepidosiren annectens verwandten Fisch von Quelimane*. MÜLLER'S ARCHIV, 1845, p. 1.

W. PETERS. *Reise nach Mossambique*. Zoologie. IV. *Flussfische*. p. 2. Berlin, 1868.

W. N. PARKER. *On the Anatomy*, etc., p. 163.

E. R. LANKESTER. *The Limbs*, etc., p. 555.

(72) Et remarquons qu'il ne s'agit pas, ici, d'un caractère isolé, — mais de toute une série de caractères, — ce qui est bien plus grave en matière d'irréversibilité, — sans compter que les diverses réductions énumérées dans le texte représentent, sans doute, *fort peu de chose*, en comparaison de celles qui ont échappé jusqu'à présent.

Or, c'est surtout dans son action sur des éléments aussi multiples qu'on peut affirmer, avec certitude, que *l'évolution n'est pas réversible*.

« Car, pour qu'elle le fût, il faudrait : que des causes, exactement inverses de celles qui ont donné naissance aux variations (anomalies), sources des dispositions normales nouvelles, et à leur fixation, se produisent, et cela dans un ordre exactement inverse aussi : circonstances trop complexes pour qu'on puisse supposer qu'elles se réalisent jamais. » (L. DOLLO. *Sur la Morphologie des Côtes*. BULL. SCIENT. GIARD. 1882, Vol. XXIV, p. 9).

Autant vaudrait prétendre qu'en jetant en l'air les caractères nécessaires à l'impression de l'*Illiade*, le poème se trouverait tout composé par la simple chute de ces petits blocs métalliques.

(73) J. BOHLS. *Mittheilungen*, etc., p. 81.

(74) « Bei grossen Ueberschwemmungen die fast alljährlich den Chaco heimsuchen, gelangt der Lepidosiren allerdings gelegentlich in die Flüsse. » (J. BOHLS. *Mittheilungen*, etc., p. 80).

(75) A. GÜNTHER. *Catalogue*, etc., Vol. VIII, p. 322.

(76) A. GÜNTHER. *Catalogue*, etc., Vol. VIII, p. 5.

(77) A. GÜNTHER. *Catalogue*, etc., Vol. VIII, p. 5.

(78) E. EHLERS. *Ueber Lepidosiren paradoxa*, Fitz., und articulata, n. sp. aus Paraguay. NACHRICHTEN V. D. K. GES. D. WISS. Z. GÖTTINGEN, 1894, p. 85.

(79) TH. L. W. BISCHOFF. *Lepidosiren*, etc., Pl. I, fig. I et III.

— E. EHLERS. *Lepidosiren*, etc., p. 85.

(80) J. KAUP. *Catalogue of Apodal Fish in the Collection of the British Museum*. Londres, 1856, p. 122.

(81) Outre sa respiration aquatique, branchiale, *Rhamphichthys Blochii* n'aurait-il point également une respiration atmosphérique ?

La chose n'est pas impossible, — vu le milieu dans lequel il vit.

A cause de la présence des écailles, il est peu probable que la respiration cutanée soit très intense chez lui.

Respirerait-il par l'intestin, — comme *Misgurnus fossilis* (P. ERMAN. *Untersuchungen über das Gas in der Schwimmblase der Fische, und über die Mitwirkung des Darmkanals zum Respirationsgeschäft bei der Fischart Cobitis fossilis*. GILBERT'S ANNALEN DER PHYSIK. 1808, Vol. XXX, p. 113), — ou comme *Callichthys asper* (C. JOBERT. *Recherches pour servir à l'histoire de la respiration chez les Poissons*. ANNAL. SC. NAT. ZOOL., 1877, Vol. V. Art. 8), — sans appareil respiratoire atmosphérique autrement localisé ?

Ou par la peau et par la muqueuse buccale, — comme les *Salamandres terrestres sans poumons* (H. W. WILDER. *Lungenlose Salamandriden*. ANATOMISCHER ANZEIGER, 1894, p. 216; L. CAMERANO. *Ricerche anatomo-fisiologiche intorno ai Salamandridi normalmente apneumoni*. ATTI R. ACCAD. SC. TORINO. 1894. Vol. XXIX, p. 1) ?

A ce propos, les nombreux replis de cette muqueuse chez *Gymnotus electricus* (A. GÜNTHER. *Catalogue*, etc., Vol. VIII, p. 10), proche parent de *Rhamphichthys Blochii*, ne serviraient-ils pas à multiplier la surface d'échange, pour une respiration atmosphérique ?

Il y aurait, là, des observations et des expériences intéressantes à faire.

— D'ailleurs, la respiration atmosphérique est bien plus fréquente chez les Poissons qu'on ne le pense généralement, — surtout sous les Tropiques, là où il y a une saison sèche et une saison des pluies.

Et, sans vouloir prétendre ici à une énumération complète, on peut citer, parmi les Ostéoptérygiens, les types suivants comme jouissant d'une respiration atmosphérique plus ou moins parfaite :

I. DIPNEUSTES.

II. GANOÏDES :

1. *Polyodontidæ* : Polyodon.
2. *Lepidosteidæ* : Lepidosteus.
3. *Amiidæ* : Amia.

III. PHYSOSTOMES :

1. *Osteoglossidæ* : Arapaima, Heterotis.
2. *Characinidæ* : Erythrinus.
3. *Mormyridæ* : Gymnarchus.
4. *Cyprinidæ* : Misgurnus.
5. *Siluridæ* : Callichthys, Saccobranchus.

IV. PHYSOCYSTES :

1. *Ophiocephalidæ*.
2. *Labyrinthici*.
3. *Luciocephalidæ*.
4. *Symbranchidæ* : Amphipnous.

(C. SEMPER. *Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere*. Leipzig, 1880, Vol. I, p. 231 ; C. JOBERT. *Recherches anatomiques et physiologiques pour servir à l'histoire de la respiration chez les Poissons*. ANNAL. SC. NAT. ZOOL., 1878. Vol. VII. Art. 5 ; J. HYRTL. *Beitrag z. Anat. v. Heterotis Ehrenbergii*, C. V. DENKSCHR. D. K. AKAD. D. WISS., Vienne, 1854. Vol. VIII, p. 73 ; J. HYRTL. *Anat. Mittheil. üb. Mormyrus u. Gymnarchus*. DENKSCHR. D. K. AKAD. D. WISS., Vienne. 1856, Vol. XII, p. 1 ; F. DAY, *Fishes of India*, etc., p. 439).

— Au surplus, la vessie natatoire n'est peut-être qu'un poumon (de Poisson, comme celui des Dipeustes ou de certains Ganoïdes) dégénéré (C. MORRIS. *The Origin of Lungs, a Chapter in Evolution*. AMERICAN NATURALIST. 1892, p. 975).

• Nous aurions donc deux régressions pulmonaires :

1. L'une, — chez les *Vertébrés aquatiques*, — atteignant son maximum chez les *Physoclystes*, — provenant de l'abandon de la *vie en eau douce* sous un régime *tropical*, — et du retour à la *vie marine*;

2. L'autre, — chez les *Vertébrés terrestres*, — résultant de la *suprématie croissante* de la *respiration cutanée* chez les *Batraciens* à peau entièrement nue, — la *Grenouille* nous montrant des poumons, non en voie de développement, mais en voie de disparition, — et plusieurs *Salamandres terrestres* ayant même totalement perdu lesdits poumons.

(82) Quel est l'usage des *plis longitudinaux* de la face inférieure de la tête chez *Symbranchus marmoratus*?

Seraient-ils destinés à faciliter une *respiration atmosphérique*?

Soit en permettant l'augmentation de l'amplitude des mouvements du plancher de la cavité buccale (A. MARCACCI. *L'asfissia negli animali a sangue freddo*. ATT. Soc. TOSC. SC. NAT., Mem., Vol. XIII, 1894);

Soit en favorisant l'accroissement de volume et de surface de cette cavité, — comme chez les Balénoptères, où la chose a lieu, toutefois, pour un motif bien différent (W. KÜKENTHAL. *Vergleich.-Anat. und Entwick. Unters. an Walthieren*. DENKSCHR. D. MED.-NATURW. GES. Z. JENA, 1892, Vol. III, p. 313).

Ici encore, il y aurait des observations et des expériences intéressantes à faire.

D'autant plus, que les *plis longitudinaux* de la face inférieure de la tête sont assez fréquents chez les *Poissons anguilliformes*.

Et cela, non pas seulement chez les *Physoclystes* (*Symbranchus marmoratus*), — mais aussi chez les *Physostomes* *Muraena atra*, *Muraena fimbriata*, *Ophichthys cancrivorus*.)

Il ne s'agit donc pas, dans ce cas, d'un caractère hérité de l'ancêtre commun d'un groupe monophyétique, — mais d'une véritable *adaptation* à des conditions d'existence déterminées.

Quelle est la *signification physiologique* précise de cette adaptation? Voilà le problème à résoudre.

— Peut-être, également, la *respiration cutanée* est-elle très développée chez *Symbranchus marmoratus*, car cet animal a la peau complètement nue.

Son proche parent, *Amphipnous cuchia*, au contraire, qui a conservé ses écailles, a dû recourir à des sacs respiratoires spéciaux (diverticulums de la cavité branchiale).

(83) A. S. WOODWARD. *Catalogue*, etc., Part II, p. 264.

(84) J. MÜLLER. *Vergleichende Anatomie der Myxinoïden*. ABHAND. D. K. PR. AKAD. D. WISS. Z. BERLIN, 1841, p. 78.

(85) J. MÜLLER. *Myxinoïden*, etc., p. 78.

(86) J. HYRTL. *Lepidosiren*, etc., p. 25.

— E. EHLERS. *Zur Kenntnis der Eingeweide von Lepidosiren*. NACHRICHTEN V. D. K. GES. D. WISS. Z. GÖTTINGEN, 1895, p. 5.

(87) J. HYRTL. *Lepidosiren*, etc., p. 34.

(88) E. v. SIEBOLD et H. STANNIUS. *Handbuch der Zootomie*. II. *Wirbelthiere* (Stannius). 2^e Aufl. Berlin, 1854, p. 236.

(89) Sur la distinction du *cône* artériel et du *bulbe* artériel, voir :

J. MÜLLER, *Ueber den Bau und die Grenzen der Ganoiden und über das natürliche System der Fische*. ABHAND. D. K. PR. AKAD. D. WISS. Z. BERLIN, 1844, p. 126.

J. E. V. BOAS, *Ueber den Conus arteriosus bei Butirinus und bei anderen Knochenfischen*. MORPH. JAHR., 1880. Vol. VI, p. 527.

J. E. V. BOAS, *Ueber den Conus arteriosus und die Arterienbogen der Amphibien*. MORPH. JAHR., 1882. Vol. VII, p. 489.

Mais, pourquoi les *Ganoides*, en se métamorphosant en *Téléostéens*, ont-ils échangé leur *cône* artériel contre un *bulbe* artériel ?

A quelle *adaptation* cet échange répond-il ? Quelle est sa *signification physiologique* précise ?

Nouveaux problèmes à résoudre.

(90) A. GÜNTHER, *Introduction to the Study of Fishes*. Edimbourg, 1880, p. 156.

(91) J. KAUP, *Catalogue*, etc., p. 124.

(92) A. GÜNTHER, *Introduction*, etc., p. 156.

(93) J. BOHLS, *Mittheilungen*, etc., p. 82.

— C. SEMPER, *Existenzbedingungen*, etc. Vol. I, p. 233 et 297.

(94) « Though the *Ganoidei* are separated from the *Dipnoi* by their hyostylic skull, a transition to the latter order is afforded by those Crossopterygian forms with acutely lobate pectorals (*Holoptychius*, *Glyptolepis*); »... (R. H. TRAQUAIR, *Ganoid Fishes*, etc., p. 6).

« Such being the arrangement in the Crossopterygii, it is of much interest to be able to institute comparisons with the Dipnoan fishes, which exhibit so many features of resemblance to the order just mentioned. » (A. S. WOODWARD, *Note on a Case of Subdivision of the Median Fin in a Dipnoan Fish*. ANN. AND MAG. NAT. HIST., 1893. Vol. XI, p. 242).

(95) T. H. HUXLEY, *On the application of the Laws of Evolution to the Arrangement of the Vertebrata, and more particularly of the Mammalia*. PROC. ZOOLOG. SOC. LONDON, 1880, p. 649.

(96) T. H. HUXLEY, *Preliminary Essay*, etc., p. 11.

— T. H. HUXLEY, *On Ceratodus Forsteri, with Observations on the Classification of Fishes*. PROC. ZOOLOG. SOC. LONDON, 1876, p. 57.

— A. S. WOODWARD, *Catalogue*, etc., Part II, p. 367.

— A. GEIKIE, *On the Old Red*, etc., p. 451.

(97) T. H. HUXLEY, *On Ceratodus*, etc., p. 40.

— R. H. TRAQUAIR, *On the Genera*, etc., p. 4.

— A. S. WOODWARD, *Catalogue*, etc., Part II, p. XII.

(98) R. H. TRAQUAIR, *On the Structure and Systematic Position of the Genus Cheirolepis*. ANN. AND MAG. NAT. HIST., 1875. Vol. XV, p. 237.

— A. S. WOODWARD, *Catalogue*, etc., Part II, p. 453.

(99) B. DEAN, *Morphology of Cladoselache*, etc., p. 94.

— A. S. WOODWARD, *The Problem of the Primæval Sharks*. NATURAL SCIENCE, 1895, p. 41.

(100) *Ichthyopterygium*, Huxley = *Actinopterygium*, Cope.

T. H. HUXLEY, *On Ceratodus*, etc., p. 55.

E. D. COPE. *The Homologies of the Fins of Fishes*. AMERICAN NATURALIST. 1890, p. 406.

(101) « *Crossopterygii*. — Pectoral, and sometimes also the ventral, fins lobate. » (R. H. TRAQUAIR. *Ganoid Fishes*, etc., p. 8).

(102) T. H. HUXLEY. *Preliminary Essay*, etc., p. 1, 5, 7, 11.

— A. S. WOODWARD. *Catalogue*, etc., Part II, p. 323, 331, 368, 390.

(103) A. S. WOODWARD. *Catalogue*, etc., Part II, p. 239.

(104) *Polypterus* :

— E. GEOFFROY SAINT-HILAIRE. *Histoire naturelle et description anatomique d'un nouveau genre de poisson du Nil, nommé Polyptère*. ANN. MUS. HIST. NAT., Paris, 1802, vol. I, p. 28.

— « ... ces poissons se tiennent habituellement au fond des eaux, dans la vase... peut-être, comme le suppose le naturaliste français, la progression a-t-elle lieu aussi par une sorte de marche quadrupédale comparable, jusqu'à un certain point, à celle des phoques, en raison de la conformation des nageoires paires qui, soutenues par un pédicule, servent de supports. » (A. DUMÉRIL. *Histoire naturelle des Poissons*. Paris, 1870, vol. II, p. 370).

Protopterus :

— « The Mud Fish is generally to be observed swimming about under the water, or resting at the bottom of the tank, supporting itself by its members, an inch and a half or two inches above the surface of the gravel,... » (J. E. GRAY. *Observations*, etc., p. 343).

— « When moving about slowly on the bottom, the two fins of each side are usually used alternately, those of one side pointing forward while those of the other extend backwards, though there appears to be no strict regularity in their movements. The filamentous extremities, which can be of little use in swimming, certainly seem important in creeping along the bottom, and it is interesting to notice that the movements more nearly resemble walking with alternate steps than swimming with simultaneous strokes of the fins of both sides. » (W. N. PARKER. *On the Anatomy*, etc., p. 113).

(105) A. GÜNTHER. *Introduction*, etc., p. 488.

— C. SEMPER. *Existenzbedingungen*, etc., vol. I, p. 231.

(106) R. H. TRAQUAIR. *Ganoid Fishes*, etc., p. 8.

(107) E. GEOFFROY SAINT-HILAIRE. *Polyptère*, etc., p. 62.

— E. GEOFFROY SAINT-HILAIRE. *Description de l'Égypte. Histoire naturelle*. Vol. I, Paris, 1809, p. 10.

— « L'impossibilité pour l'eau de sortir en totalité par les fentes branchiales, comme chez les autres poissons à opercules, est due au peu de mobilité des battants operculaires. Solidement retenus par la membrane branchiostège, ils ne laissent échapper qu'une petite partie du liquide.

La grande paire de pièces osseuses émaillées comme les os du crâne situées à la région gulaire entre les branches de la mâchoire inférieure, représente les rayons branchiostèges. Ce sont elles qui s'opposent à la mobilité de la membrane et des opercules. » (A. DUMÉRIL. *Histoire naturelle*, etc., vol. II, p. 386).

(108) A. DUMÉRIL. *Histoire naturelle*, etc., vol. II, p. 376.

(109) Voir, plus bas, ce qui est dit à propos des narines.

(110) « And as to the position of the anterior nares, which appear to have been situated on the under face of the broad snout, not only in *Dipterus*, but in *Osteolepis* and *Diplopterus*... » p. 57.

« In *Ceratodus* there is the further physiological relation to aerial respiration; ... » p. 28.

(T. H. HUXLEY. *On Ceratodus*, etc.).

(111) A. DUMÉRIL. *Histoire naturelle*, etc., vol. II, p. 376.

— R. H. TRAQUAIR. *On the Cranial Osteology of Polypterus*. JOURN. ANAT. PHYS., 1871, vol. V. Pl. VI, Ol.

— H. B. POLLARD. *On the Anatomy and Phylogenetic Position of Polypterus*. ZOOL. JAHRBÜCH. Anat. Ont., 1892, vol. V, Pl. 27, fig. 1, Na¹, Na².

(112) A. S. WOODWARD. *Sharks' Teeth*, etc., p. 673.

(113) R. H. TRAQUAIR. *On the Structure and Affinities of the Platysomidae*. TRANS. ROY. SOC. EDINBURGH, 1879, vol. XXIX, p. 363 et 369, Pl. V, et Pl. VI, fig. 1 et 2.

(114) T. H. HUXLEY. *On Ceratodus*, etc., p. 40.

(115) « It has been shown by Huxley that the suspensorium of the Batrachia is hyostylic in its earliest stages, and that it becomes autostylic at a later period of development. » (E. D. COPE. *On the Phylogeny of the Vertebrata*. PROC. AMER. PHIL. Soc., 1892, vol. XXX, p. 280).

(116) T. H. HUXLEY. *On Ceratodus*, etc., p. 42.

(117) A. S. WOODWARD. *Sharks' Teeth*, etc., p. 672.

— A. S. WOODWARD. *Catalogue*, etc., Part II, p. xvi.

(118) « Vielleicht sind ausgestorbene Dipneusten der paläolithischen Periode, welche sich in devonischer Zeit aus Urfischen entwickelt hatten, als die Stammformen der Amphibien, und somit auch aller höheren Wirbelthiere zu betrachten. » (E. HÆCKEL. *Natürliche Schöpfungsgeschichte*, 3^{te} Aufl., Berlin, 1872, p. 520).

« Die heute noch lebende Dipneusten... sind die letzten Ueberreste einer connectanten Uebergangsgruppe, welche in devonischer Zeit die Brücke von den kiemenathmenden Fische (*Selachier*, *Ganoiden*) zu den lungenathmenden Amphibien (*Stegocephalen*) schlug; ... »

« Wir können diese Classe in drei Ordnungen eintheilen; von diesen scheinen die devonischen *Phaneropleuriden* Reste der gemeinsamen Stammgruppe zu sein... Von den *Phaneropleuriden* oder *Paläodipneusten*... Die directen Stammformen der Amphibien und somit aller pentadactylen (oder « quadrupeden ») Wirbelthiere sind uns zur Zeit noch unbekannt; sie dürften aber unter den devonischen und carbonischen *Paläodipneusten* zu suchen sein. »

(E. HÆCKEL. *Zur Phylogenie der Australischen Fauna*, p. xvi, in R. SEMON. *Ceratodus*, etc.).

(119) J. E. V. BOAS. *Amphibien*, etc., p. 557.

(120) E. D. COPE. *On the Phylogeny*, etc., p. 279.

(121) « It is, however, to be noticed that in the Urodeles the pterygoid cartilage never has that close relation to the cranium that this thesis demands, while the

autostylic condition arises comparatively late in development, and never attains that completeness which a Dipnoan ancestry would imply.

In short, I would prefer to trace the origin of both Dipnoi and Urodeles from a crossopterygian ganoid ancestry, the former being the apex of their line of development, the latter tracing their descent through the Stegocephali.»

(J. S. KINGSLEY. *The Head of an Embryo Amphiuma*. AMERICAN NATURALIST, 1892, p. 679).

§ (122) MM. Boas, Cope et Kingsley admettent *implicitement*, ici, l'irréversibilité de l'évolution : autrement, ils seraient d'avis que — les dents, le prémaxillaire et le susmaxillaire perdus pourraient se retrouver, — et que l'autostylie pourrait retourner à une phase moins parfaite.

En quoi, je le répète, je suis tout à fait d'accord avec les naturalistes prémentionnés.

(123) E. D. COPE. *On the Phylogeny*, etc., p. 280.

— H. B. POLLARD. *Polypterus*, etc.

« *Polypterus* is fitted to be the ancestor of Amphibia in so far its teeth are simple but allied Crossopterygidæ possessed Labyrinthodont teeth. » p. 421.

« ... *Polypterus* which I take to represent fairly well the ancestor of the Stegocephali... » p. 421.

« ... On comparing the primordial cranium of a young *Polypterus* with that of Urodeles the general resemblance is seen to be so great that an anatomist seeing alone for the first time would certainly place it among the latter. » p. 404.

LES
SPIRIFÈRES
 DU
COBLENZIEN BELGE

PAR

Ferd. Béclard

Secrétaire de la direction du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique.

PLANCHES XI A XV

I

INTRODUCTION

A l'occasion de ses explorations dans notre terrain devonien, de 1879 à 1885, pour les travaux du levé de l'ancienne Carte géologique à l'échelle du 1/20.000^e, M. E. Dupont, Directeur du Musée Royal d'Histoire naturelle, a reconnu et consigné sur ses cartes-minutes et dans ses notes de voyages, non moins de 1.300 points fossilifères répartis pour la plupart dans les parties inférieure et moyenne de ce vaste ensemble de couches qui forme plus d'un quart du sous-sol de la Belgique.

Ces gîtes ont reçu chacun leur notation stratigraphique précise, c'est-à-dire l'indication, suivant un système approprié, de la position exacte qu'ils occupent dans la série chronologique des dépôts.

Ils ont été l'objet d'une prise de fossiles au cours même des opérations du levé ; les plus propres à fournir de riches collections ou à élucider des difficultés stratigraphiques ont été ultérieurement fouillés avec la méthode et le discernement qui doivent présider à ces sortes de recherches.

Il en est résulté, pour le Musée de Bruxelles, la formation de collections d'une grande extension numérique, s'appliquant à la réunion du plus grand nombre d'espèces possible autant qu'à la représentation de séries d'une même forme dans ses divers états de développement, de conservation et dans ses limites de variations.

Si l'on ajoute que chacune des unités de cet amas de fossiles est accompagnée de toutes les indications garantissant son authenticité et précisant son horizon géologique, on se trouve en présence de matériaux d'une valeur paléontologique des plus sérieuses.

M. Dupont m'a fait l'honneur de m'en confier l'étude dès 1882.

Je n'étonnerai pas les déterminateurs d'espèces, ceux-là qui ont eu à manier et les livres et les planches pour mettre une étiquette à une coquille, en avouant que je me trouve seulement aujourd'hui en mesure de faire connaître les premiers résultats de mes travaux.

La littérature paléontologique a pris, en effet, une extension considérable; elle a produit, dans la synonymie, une incroyable confusion qui n'a fait qu'augmenter avec le nombre toujours croissant des publications.

J'ai donc été amené tout d'abord à étudier longuement ce qui a été écrit sur la faune du Devonien.

Ce qui frappe, lorsqu'on consulte la bibliographie, c'est la quantité de noms donnés à une même espèce, comme le nombre des formes qui ont été distinguées par les auteurs sur des caractères secondaires. Il devient souvent matériellement impossible de procéder, avec quelque certitude, à une assimilation, lorsqu'on cherche à identifier les spécimens belges, par exemple, avec un grand nombre de formes décrites comme espèces distinctes.

C'est ainsi que j'ai relevé dans le seul genre *SPIRIFER* plus de 400 noms d'espèces, appartenant exclusivement au terrain devonien.

Mais si, en dehors de toute idée dérivant de cette étude bibliographique, on cherche à classer les Spirifères comme je l'ai fait, sur de forts nombreux spécimens, pour le Devonien inférieur de la Belgique, on est bien plus frappé encore de constater qu'au lieu d'avoir à compter dans le seul Coblenzien avec une trentaine de noms, ces Spirifères peuvent se grouper autour de huit formes susceptibles de varier dans une certaine mesure, mais tous conservant cependant les mêmes caractères typiques.

Ou bien il faut admettre un grand nombre de formes spécifiques basées sur des différences souvent individuelles, ou bien on est amené

à ne distinguer qu'un petit nombre d'espèces à caractères généraux constants, sauf à établir dans quelles limites chacune de ces formes a varié dans d'autres caractères secondaires. Par conséquent, suivant que l'on applique à la détermination de ces formes l'un ou l'autre de ces deux points de vue, c'est-à-dire la dissémination ou la concentration, on arrive à des résultats essentiellement différents.

La question se posait donc clairement pour moi :

Y a-t-il lieu de chercher à identifier les *Spirifères* que j'ai entre les mains aux nombreuses formes indiquées dans la bibliographie et reposant sur des différences infimes, ou bien est-il préférable d'y distinguer d'abord celles qu'on pourrait appeler fondamentales, en d'autres termes *les espèces dont le plan spécifique est resté fondamentalement le même*, en examinant les degrés de variations qu'elles peuvent subir et en cherchant à en fixer les limites ?

C'est la solution de cette question que j'ai entreprise au cours d'une douzaine d'années de travail, par la coordination suivante de mes recherches :

1° La critique des formes figurant dans la bibliographie, en passant en revue la synonymie ;

2° la détermination des espèces belges réunies dans les collections du Musée de Bruxelles (1).

Cette première note comprend les *Spirifères* recueillis en Belgique dans le Devonien inférieur, à l'exclusion du *Gedinnien*, qui n'a pas été suffisamment exploré encore, soit donc dans les couches qui se succèdent à partir du Taunusien, jusques et y compris la partie de l'Eifelien E² de Dumont, où se trouvent les couches à *Spirifer cultrijugatus*.

En d'autres termes, dans le groupe stratigraphique considérable appelé *Coblenzien* et comprenant, en commençant par la division inférieure :

1° Le *Taunusien*, de Dumont, qui correspond dans le nord français, au Grès d'Anor ;

(1) Je dois mentionner ici que M. Gosselet, le savant professeur de la Faculté des sciences de Lille, est également entré dans cette voie et il vient d'en traduire le côté pratique dans un *Mémoire sur les variations du Sp. Verneuili*, l'une des formes les plus polymorphes du Devonien supérieur « dont tous les éléments varient, dit-il, sauf le caractère des côtes, qui restent toujours simples sur les ailes, tandis qu'elles se multiplient par bifurcation ou par intercalation sur le bourrelet et sur le sinus. »

Les nombreuses figures qu'il a fait reproduire sur les planches qui accompagnent cette importante étude, montrent, en effet, combien le type *Verneuili* est susceptible de varier dans sa forme, tout en conservant son caractère essentiel.

2° le *Hunsruckien*, de Dumont, dont le type français est représenté par la *Grauwacke* de Montigny-sur-Meuse;

3° l'*Ahrien*, de Dumont, ou Grès de Vireux;

4° le *Burnotien*, de M. Dupont (1), dont le type est représenté, dans le sud de la Belgique : *a*) par les schistes rouges; *b*) par les poudingues et les schistes à *Ptérinées*; *c*) par les schistes avec lenticules calcaires à *Sp. cultrijugatus*, ces deux derniers termes correspondant à la *Grauwacke de Hierges*, de M. Gosselet, et à ses deux facies : l'inférieur caractérisé par l'abondance du *Sp. arduennensis*; le supérieur ou zone à *Sp. cultrijugatus* (2).

* * *

Comme je viens de le dire, ce Mémoire comporte la description des Spirifères du Coblenzien belge, précédée d'un résumé critique de la bibliographie et de la synonymie relatives à chacun d'eux.

Ce résumé, qui forme la partie documentaire du travail, comprend :

1° Les observations des auteurs qui ont apporté des éléments contribuant au progrès de la connaissance de l'espèce (3);

2° les renseignements qui visent les formes simplement citées, par conséquent inaccessibles à la critique, mais que je mentionne, sous la responsabilité des auteurs, pour l'appoint qu'elles peuvent éventuellement apporter à la connaissance de l'aire géographique de l'espèce ou de sa distribution stratigraphique;

3° la synonymie proprement dite, c'est-à-dire les remarques et appréciations se rapportant à des noms spécifiques dont la radiation était déjà reconnue;

4° les assimilations démontrées non fondées;

5° les observations sur des formes affiliées aux types, mais dont l'assimilation ne peut se faire avec sûreté à défaut d'échantillons;

6° enfin, les remarques et interprétations qui, ne tenant pas compte de ce qui était déjà connu, ont pu contribuer à augmenter la confusion; leur citation a l'avantage de compléter l'historique de l'espèce.

(1) *Carte géologique détaillée de la Belgique à l'échelle du 1/20000* : Feuilles de Marche et Durbuy, 1885. Légende.

(2) Ces données stratigraphiques sont tirées de l'*Ardenne* de M. Gosselet et d'une " *Note sur la nomenclature des terrains sédimentaires* ", publiée par MM. Munier-Chalmas et de Lapparent dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, 3^e série, t. XXI, p. 438, 1893.

(3) Elles sont indiquées en italiques dans l'exposé qui va suivre.

Il m'a paru intéressant, au cours de mes recherches, de noter la plupart des causes déterminantes de ce désordre.

Elles sont multiples.

Tout d'abord, un des principaux motifs de confusion provient de ce que les auteurs qui ont pu travailler sur des séries étendues de spécimens, sont l'exception (1). La tendance naturelle de voir du nouveau est corroborée par le fait même que les investigations sont forcément limitées aux moyens dont un particulier dispose.

La paléontologie devonienne n'a pas été l'objet, comme celle de la plupart des autres terrains, de Monographies générales, de sorte que les publications partielles se sont successivement accumulées en nombre considérable.

J'ai relevé divers cas de confusion, que je mentionnerai :

1° Nom d'espèce donné à des spécimens de collections qui n'ont pas été rendus publics, c'est-à-dire qu'ils n'ont fait l'objet ni d'une description, ni d'un dessin.

2° Nom d'espèce donné à des spécimens qui, n'étant pas figurés, ne sont accompagnés que d'une diagnose insuffisante.

Je pense que tous les auteurs sont d'accord pour écarter une fois pour toutes ces noms de la nomenclature.

Des mesures ont déjà été prises dans ce sens. La Société géologique de France notamment, refuse l'insertion dans ses publications de tout nom nouveau de genre ou d'espèce dont l'auteur n'a pas fourni une description accompagnée de figure (2).

3° Nom d'espèce donné à des spécimens dont la description ne répond pas aux figures ou dont les figures elles-mêmes diffèrent absolument entre elles.

4° Nom d'espèce donné à des spécimens non décrits mais simplement figurés sauf, cependant, quand le nom a été maintenu dans la nomenclature par une bonne description ultérieure émanant d'un autre auteur qui lui conserve la priorité.

5° Nom d'espèce donné à une forme insuffisamment décrite, basée sur un seul ou même sur plusieurs mauvais échantillons, souvent fragmentaires.

(1) Je me suis trouvé, sous ce rapport, dans des conditions absolument privilégiées, ayant à ma disposition, dans le milieu scientifique où j'ai pu me livrer à l'étude, collections étendues, livres, matériel, etc., en un mot tous les moyens d'action désirables.

(2) Voir aussi les « *Règles de la nomenclature des Êtres organisés* » adoptées par les Congrès internationaux de Zoologie de Paris, 1889 et Moscou, 1892. (Mém. Soc. Zool. de France, VI, p. 126, 1893).

6° Nom d'espèce dont le double emploi, ayant été reconnu, a été néanmoins maintenu dans la nomenclature par d'autres auteurs.

7° Nom d'espèce substitué sans justification à un nom établi et maintenu dans la nomenclature.

8° Nom d'espèce donné par assimilation insuffisamment motivée, à des formes d'un niveau différent, dont la faune est franchement distincte.

C'est ainsi qu'il serait difficile d'admettre, par exemple, que la forme figurée par Schnur (Eifel Brach. 1853, p. 37, pl. XIV, fig. 4), sous le nom de *Sp. Verneuili* et provenant de la grauwacke du Devonien inférieur de Daleiden, appartienne à cette espèce du Devonien supérieur qui n'a jamais été rencontrée en dessous du Frasnien. C'est ce que l'on pourrait appeler une forme *stratigraphiquement aberrante*.

J'ai encore constaté que certains auteurs reproduisent textuellement dans la synonymie les références bibliographiques erronées d'une publication antérieure, sans avoir consulté la source.

M. Gosselet a traité au Congrès international de Géologie de 1878⁽¹⁾, la question du droit de priorité qui joue, à son tour, un rôle dans la difficulté de la synonymie.

M. Ch. Barrois s'est aussi prononcé avec raison contre les « faiseurs d'espèces ». A propos des espèces nominales du Prodrôme de d'Orbigny il s'exprime ainsi (2) :

« Nous voudrions voir refuser toute prétention de priorité, et par suite tout droit d'existence, aux noms spécifiques ou génériques, dont les types n'appartiennent pas au domaine public; or les seuls types fossiles qui appartiennent à la critique et soient à la disposition de tous, sont les formes *à la fois figurées et décrites*. La systématique a plus besoin *actuellement pour progresser*, d'alléger sa synonymie, que de remonter aux anciens textes : elle doit absolument entraver la production des espèces nominales ou incomplètement décrites, conservées (?) en tiroirs, soit en Europe, soit en Amérique ou aux Indes. »

Combien d'auteurs n'ont pas, eux-mêmes, fait remarquer, en assimilant ou en créant quand même un nom, qu'ils ne possédaient pas d'exemplaires suffisamment complets ou assez bien conservés pour caractériser l'espèce, ni se prêtant même à un examen sérieux?

N'eussent-ils pas rendu un véritable service à la nomenclature en s'abstenant d'y introduire de pareils éléments conjecturaux?

(1) *Comptes-rendus*, Paris 1880, n° 21 de la série, p. 165, et *Annales Soc. géol. du Nord*, Lille 1880, T. VII, p. 122.

(2) Faune du Calcaire d'Erbray, p. 135, 1889.

Me trouvant devant ces conditions, je me suis attaché à donner à cette partie synonymique plus de développement que n'en comportent généralement les citations dans les travaux de paléontologie descriptive.

J'ai cherché à documenter mes appréciations en faisant un exposé critique des interprétations, des discussions ou controverses qui ont amené cette confusion, de façon à mieux justifier la manière de voir que j'ai adoptée pour chaque espèce, et j'ai visé à éviter aussi aux paléontologistes qui auraient à s'occuper par la suite du même sujet, des recherches longues et fastidieuses.

* * *

Les espèces reconnues dans le Coblenzien belge et qui sont décrites dans le présent Mémoire, sont au nombre de huit ; elles sont groupées d'après l'absence ou la présence de plis simples ou dichotomes sur le sinus ou le bourrelet.

Il résulte de ce système de classement, l'existence de quatre groupes dont l'un est composé de 5 formes, dans leur ordre d'apparition, et chacun des trois autres d'une forme, à savoir :

- | | |
|--|--|
| <i>A. Spirifères à sinus</i> | |
| <i>et bourrelet sans plis :</i> | <i>Spirifer primævus</i> , Steininger. |
| | — <i>hystericus</i> , Schlotheim (1). |
| | — <i>subcuspidatus</i> , Schnur. |
| | — <i>arduennensis</i> , Schnur. |
| | — <i>cultrijugatus</i> , Roemer. |
| <i>B. Spirifère à sinus portant</i> | |
| <i>un pli et à bourrelet sans plis :</i> | — <i>paradoxus</i> , Schlotheim (2). |
| <i>C. Spirifère à sinus et à bourrelet</i> | |
| <i>couverts de plis dichotomes :</i> | — <i>daleidensis</i> , Steininger. |
| <i>D. Spirifère à sinus et à bourrelet</i> | |
| <i>couverts de plis simples :</i> | — <i>Trigeri</i> , de Verneuil. |

Deux autres formes, le *Sp. curvatus* et le *Sp. speciosus* apparaissent également dans les couches les plus supérieures du Coblenzien (3),

(1) Fixée par BARROIS.

(2) Fixée par SCHNUR.

(3) M. GOSSELET, dans son *Tableau de la Faune coblenzienne* (*Ann. Soc. géol. du Nord*, 1886), et dans « *L'Ardenne* », 1888, signale encore, dans les mêmes couches, le *Sp. concentricus*. Cette forme couvinienne paraît ne pas avoir été trouvée à ce niveau en Belgique.

mais elles sont surtout abondantes à l'époque du Couvinien ; je me réserve de revenir sur ces espèces, avec le développement que leur examen comporte, dans une prochaine suite à ce travail, qui traitera des Spirifères du Devonien moyen.

* * *

Les planches, au nombre de cinq, reproduisent d'abord les principales figures justificatives pour l'établissement en fait de la synonymie que j'adopte, puis elles figurent les spécimens belges, appartenant aux collections de notre Musée, qui ont servi de base à mes descriptions (1).

Les dessins sont accompagnés des indications des sources d'auteurs, de lieux et d'horizons stratigraphiques.

J'ai, en effet, trop souvent constaté, au cours de mes recherches, combien est parfois laborieux l'examen des figures lorsqu'il faut recourir soit au texte pour retrouver ces indications, soit même à l'explication des planches.

* * *

En terminant cette introduction, je dois exprimer ma reconnaissance à M. Ed. Dupont qui a bien voulu m'initier à ses méthodes d'observation, suivre mes études et me faire profiter largement du fruit de sa science et de sa longue expérience.

A MM. Barrois, Maurer, Oehlert, j'adresse des remerciements pour les matériaux de comparaison qu'ils ont eu l'obligeance de me procurer.

(1) Toutes mes figures sont la reproduction rigoureuse des spécimens que j'ai choisis dans les collections du Musée, à l'exclusion absolue de toute reconstitution idéale.

II

RÉSUMÉ CRITIQUE DE LA BIBLIOGRAPHIE (1). — SYNONYMIE. — DESCRIPTION.

Spirifer primævus, Stein.

Pl. XI.

Spirifer macropterus, C.-F. Roemer, 1844, *Rhein. Ueberg.*, p. 71, pl. 1, fig. 3 (non fig. 4).

L'auteur figure sous ce nom un moule provenant de la grauwacke rhénane, que Steininger range, en 1853, dans la synonymie de son *Sp. primævus*. Cette assimilation a été confirmée par M. Kayser en 1889 (2).

Le dessin de ce moule est reproduit ici, pl. XI, fig. II.

Spirifer cultrijugatus, F.-A. Roemer, 1852, *Beitr. Harz. II* (Palæontogr. Bd. III, 1854), p. 99, pl. 15, fig. 7.

L'auteur décrit et figure sous ce nom un Spirifère du calcaire de Wieda, que M. Kayser considère, en 1878, comme représentant son *Sp. Decheni* de la même localité et qui diffère sensiblement du *Sp. cultrijugatus*.

La figure de Roemer montre, en effet, les caractères de la forme à laquelle M. Kayser a donné le nom de *Decheni* et que je range dans la synonymie du *Sp. primævus* pour les motifs indiqués plus loin dans la description de cette espèce.

Spirifera primæva, Steininger, 1853, *Geogn. Beschr. d. Eifel*, p. 72, pl. 6, fig. 1.

Espèce créée par Steininger pour des moules de Spirifères provenant de la grauwacke d'Ober-Stadtfeld, près de Daun, à laquelle il rapporte le moule figuré en 1844 par C.-F. Roemer (loc. cit.), pl. 1, fig. 3 (non fig. 4), également de la grauwacke rhénane et attribué par ce dernier auteur au *Sp. macropterus*, Goldfuss (3).

Steininger ne figure que l'empreinte d'une grande valve qu'il a obtenue de Herdorf (4).

(1) Les parties de texte en italiques indiquent les données successives qui ont contribué à la définition de l'espèce et, éventuellement, à la constatation précise de son horizon stratigraphique.

(2) Voir plus loin au *Sp. paradoxus*.

(3) Reproduit ici pl. XI, fig. II.

(4) Reproduite ici pl. XI, fig. I.

Sp. primævus, suite.

Voici le résumé de la description qu'il donne de cette espèce :

“ *un peu plus large que longue; area élevée au milieu du bord cardinal; contour de la coquille en demi-cercle; angles cardinaux aigus; 8 plis latéraux tranchants.* „

Cette forme, quoique assez mal figurée et trop brièvement décrite pour en fixer la spécificité, a été maintenue.

Krantz, en 1857, lui avait donné un nouveau nom en publiant de meilleures figures, mais, en 1878, M. Kayser a repris le nom de Steininger en lui conservant la priorité; il a été adopté depuis lors.

Spirifer socialis, A. Krantz, 1857, *Verhandl. Naturhist. Vereins Rheinl. u. Westf. Jahrg. XIV*, p. 151, pl. 8, figs. 3a, c, d (3b ?).

L'auteur crée ce nouveau nom pour la forme, déjà connue, de Steininger; il l'a trouvée en grande abondance à Menzenberg et la définit ainsi (1) :

“ *Coquille un peu plus large que longue, arrondie; crochet proéminent; 6-8 plis latéraux fort saillants; test couvert de stries ondulées.* „

Ce nom, faisant par conséquent double emploi, doit être rayé de la nomenclature.

Spirifer socialis, F. Cailliaud, 1861, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XVIII, p. 332.

Cité dans le terrain devonien inférieur du Département de la Loire-Inférieure et de l'Espagne.

Spirifera cultrijugata, Davidson, 1864, *Brit. Devon. Brach.*, p. 35, pl. 8, fig. 3 (figs. 1 et 2 ?) — *Ibid. suppl.*, 1882, p. 34.

Le moule, fig. 3, représenté par l'auteur et provenant de Looe (Cornwall), semble bien appartenir au *Sp. primævus*, Stein. Davidson, lui-même, après avoir rapporté ses échantillons “ défectueux „, dit-il, au *Sp. cultrijugatus*, pense, du reste, qu'ils appartiennent, au contraire, à l'espèce de Steininger.

M. Kayser est aussi de cet avis.

Je crois bien faire de reproduire, comme confirmation, la figure de Davidson (2) sur laquelle il ne paraît pouvoir subsister de doute quant à l'identification avec le *Sp. primævus*.

Spirifer paradoxoïdes, Quenstedt, 1871, *Petref. Deutschl. Brach.*, p. 482, pl. 52, fig. 42 a, b, d, f (non c et e).

J'ai déjà fait connaître mon opinion (3) au sujet des six figures réunies par Quenstedt sous ce même nom.

(1) Les figures 3a et 3c sont reproduites ici pl. XI, fig. III.

(2) Reproduite ici pl. XI, fig. IV.

(3) *Bull. Soc. belg. de Géol.*, etc., 1887, I, p. 76.

Sp. primævus, suite.

Les moules désignés par les lettres a, b, d et f doivent être rapportés au *Sp. primævus* (1); la fig. c se rapproche du *Sp. paradoxus*; quant à la fig. e, elle m'a paru représenter une autre espèce, difficile à préciser d'après le dessin.

Spirifera primæva, de Tromelin et Lebesconte, 1876, *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, IV, p. 612.

Cité dans la grauwacke devonienne avec bancs calcaires, de Pont-Maillet, près Saint-Julien-de-Vouvantes (Erbray).

Spirifer primævus, Kayser, 1878, *Die Fauna d. Altest. Devon. Harz*, p. 165, note 4, pl. 35, figs. 1-3.

L'auteur fait remarquer que le *Sp. primævus* est une forme très répandue dans le Devonien inférieur rhénan; elle se trouve ordinairement dans les quartzites " et semble caractériser partout un niveau plus ancien et différent du *Spiriferer Sandstein*. „

Il en a fait représenter des exemplaires recueillis dans les schistes de Menzenberg, près de Bonn, d'où proviennent les moules auxquels Krantz avait attribué le nom de *Sp. socialis* à cause de leur agglomération, et d'autres recueillis dans les quartzites de Neuhütte (Soonwald).

On rencontre le *Sp. primævus*, ajoute M. Kayser, dans les quartzites du Hunsrück et du Taunus.

M. Kayser appelle l'attention sur " l'épaisseur extraordinaire de la coquille autour du crochet, d'où résulte, sur le moule interne, une protubérance musculaire de grosseur exceptionnelle. „

Spirifer Decheni, Kayser, 1878, *Die Fauna d. Altest. Devon. Harz*, p. 165, pl. 22, figs. 1-2.

Nouvelle espèce créée simultanément par M. Kayser pour une très grande coquille du Calcaire à Brachiopodes de Joachimskopf, près Wieda, à laquelle il rapporte la fig. 7, pl. 15, désignée par F.-A. Roemer, en 1852, sous le nom de *Sp. cultrijugatus* et provenant de la même localité.

Il en donne des figures des deux valves (2) et signale comme caractères principaux :

" valves fortement bombées; crochet de la grande valve peu proéminent au-dessus de l'area; sinus large et profond correspondant à un bourrelet haut à arête tranchante; 8-10 forts plis latéraux simples, anguleux, à

(1) Les figures 42a et 42d sont reproduites ici pl. XI, fig. V.

(2) Reproduites ici pl. XI, fig. VI.

Sp. primævus, suite.

arêtes émoussées, séparés par des intervalles de même largeur; test couvert de délicates stries d'accroissement, serrées, formant chevrons renversés dans le sinus et sur le bourrelet. „

Spirifer primævus, C. Koch, 1880, *Taunus und Westerwald* (Jahrb. d. k. preuss. geol. Landes. für 1880), p. 204.

Cite l'espèce de Steininger qu'il a recueillie à Burg-Ehrenfels, Geisenheim, etc., à la base du Devonien inférieur rhénan.

Spirifer primævus, Kayser, 1881, *Jahrb. d. k. preuss. geol. Landes. für 1880*, p. 263.

Cite le *Sp. primævus* de Steininger dans les quartzites taunusiens, abondant à Rinzenberg, Sauerbrunnen, Buhlenberg, etc.

Spirifer primævus, Gosselet, 1885, *Ann. Soc. géol. du Nord*, XII, pp. 334 et suiv.

Cite cette espèce "*caractéristique du Taunusien* „ recueillie par lui et par M. Jannel dans des gîtes fossilifères taunusiens du bassin du Luxembourg et du golfe de Charleville.

M. Gosselet réunit également au *Sp. primævus*, le *Sp. paradoxoïdes*, Quenstedt (1).

Spirifer primævus, Gosselet, 1886, *Tableau de la faune coblenzienne* (Ann. Soc. géol. du Nord), XIII, p. 298.

Cite cette espèce dans le grès d'Anor et dans la grauwacke de Montigny.

Spirifer primævus, Béclard, 1887, *Foss. coblenz. de Saint-Michel* (Bull. Soc. belge de Géol., etc., I) p. 74, pl. 3, fig. 4-7.

J'ai décrit et figuré cette espèce d'après des spécimens du Coblenzien inférieur de Saint-Michel, près de Saint-Hubert, dans le Luxembourg belge.

Spirifer Decheni? Béclard, 1887, *Foss. coblenz. de Saint-Michel* (Bull. Soc. belge de Géol., etc., I) p. 80, pl. 3, figs. 13-15.

J'ai rapporté avec doute à la forme ainsi nommée, des moules internes et des empreintes de grandes valves (2) recueillis dans le Coblenzien inférieur de Saint-Michel, à la base de l'Hunsrückien, qui répondent aux figures publiées par M. Kayser, avec cette réserve que *les deux spécimens belges présentent, dans le fond*

(1) Ibid., p. 339, note 1.

(2) Reproduites ici pl. XI, fig. 1 et 2.

Sp. primævus, suite.

du sinus, une crête longitudinale médiane. Ce pli n'a pas été signalé par M. Kayser.

Je les réunis aujourd'hui au *Sp. primævus*.

Spirifer Beaujeani, Béclard, 1887, *Foss. coblenz. de Saint-Michel* (Bull. Soc. belge de Géol., etc., I) p. 73, pl. 3 figs. 1, 2, 3.

J'ai introduit ce nouveau nom pour des formes de grande taille recueillies également dans le Coblenzien inférieur de Saint-Michel (1). Elles sont " *transversalement allongées, assez gibbeuses, avec crochet proéminent, recourbé; sinus large; bourrelet très saillant à arête anguleuse; au moins 6 plis latéraux grossiers, plus ou moins anguleux suivant l'état de conservation de la coquille, striés longitudinalement quand le test est conservé et traversés par des lamelles d'accroissement concentriques ondulées, recouvrant la coquille sur toute sa surface.* „

De nombreux exemplaires de cette forme ont été recueillis depuis lors par notre Musée, dans un gîte riche en fossiles taunusiens et j'ai pu me convaincre que j'ai été induit en erreur par l'état de conservation.

C'est surtout l'empreinte du test bien conservé de cette coquille, comme j'ai été le premier du reste en mesure de le faire figurer, qui m'a amené à séparer à tort la forme de Saint-Michel du **Sp. primævus**, Steininger.

MM. Kayser (2) et Frech (3) ont émis des doutes au sujet de l'autonomie du *Sp. Beaujeani*.

M. Barrois (4) l'a réuni au *Sp. Decheni*, Kayser, sans motiver son assimilation.

Spirifer primævus, Gosselet, 1888, *L'Ardenne*, p. 277.

Mentionné dans les listes de fossiles de l'assise taunusienne.

Spirifer primævus, F. Sandberger, 1889, *Devon. Syst. in Nassau*, pp. 12, 20 et 103, pl. 2, figs. 4 et 4a.

L'auteur cite d'abord l'espèce de Steininger de Weisseler Höhe, Burg Ehrenfels, Grube Kreuzberg, près de Derscheid, dans les *Onychien-quarzit* (Taunusien de Dumont) et dans les *Rhipidophyllen-Schiefer* (Hunsrückien de Dumont).

Il figure ensuite un fragment de grande valve d'un jeune individu (5) et caracté-

(1) La figure 1 est reproduite ici pl. XI, fig. 3.

(2) *Neues Jahrb. für Miner. Jahrg.* 1888, p. 329.

(3) *Zeitsch. d. Deutsch. geol. Gesells.* XLI, 1889, p. 188.

(4) *Faune du Calc. d'Erbray*, 1889, p. 127.

(5) Figures reproduites ici pl. XI, fig. VIII.

Sp. primævus, suite.

rise la forme comme suit : " large et à ailes courtes ; 6-7 plis latéraux simples, émoussés ; sinus large et bourrelet tranchant ; lamelles d'accroissement larges et ondulées ; 63^{mm} de largeur et 41^{mm} de hauteur à l'état adulte. „

Spirifer Decheni, Barrois, 1889, *Faune du Calc. d'Erbray*, p. 127, pl. 8, figs. 1a-f.

L'auteur rapporte à la forme *Decheni* de beaux échantillons d'une coquille de grande taille, " à valves très convexes ; crochets assez saillants ; sinus large à fond arrondi ; bourrelet très haut, aigu, à sommet tranchant ; 8-11 plis forts, anguleux chez les individus intacts ; émoussés, sub-arrondis chez ceux qui ont perdu leur test ; sillons séparatifs anguleux de même largeur que les plis. Stries d'accroissement très fines en arc aigu sur le sinus et le bourrelet, croisées par des stries longitudinales au nombre d'une vingtaine sur chaque côte (1). „

M. Barrois y réunit également le *Sp. Beaujeani*, Bécl., que je considère aujourd'hui comme n'étant autre qu'un **Sp. primævus** encore recouvert de son test.

Spirifer Decheni, Oehlert, 1889, *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, XVII, p. 779, pl. 21, fig. 3.

L'auteur décrit et figure des coquilles de grande taille, recueillies à Saint-Malo et à Saint-Germain-le-Fouilloux, qu'il rapporte au *Sp. Decheni*, assimilation confirmée par M. Kayser sur examen des spécimens qui lui furent communiqués.

M. Oehlert remarque d'abord " que les exemplaires d'Erbray, grâce sans doute à leur meilleure conservation, ont des côtes plus anguleuses et qu'à cette même cause est due la constatation des stries longitudinales observées par M. Barrois sur celles-ci. A son tour il signale la présence, sur quelques échantillons de cette même forme, de deux très faibles plis dans le sinus. „

Spirifer primævus, Kayser, 1891, *Lehrbuch der geol. formationskunde*, p. 10, pl. 13, fig. 6.

L'auteur figure, parmi les formes caractéristiques du Devonien inférieur, un moule interne de la grande valve de l'espèce de Steininger.

(1) La figure 1a est reproduite ici pl. XI, fig. VII.

Sp. primævus, suite.

* * *

Je relève encore, dans la bibliographie, les noms de *fallax*, Giebel in Kayser, et *latestriatus*, Maurer, à cause des affinités que ces auteurs remarquent entre ces formes et l'espèce qui nous occupe ; je ne les mentionne toutefois qu'à titre de renseignement, n'étant pas en mesure de me prononcer à défaut d'observations sur pièces probantes.

Quoique la position stratigraphique n'en soit pas précisée, je signale de même, pour ses étroites analogies avec l'espèce *primævus*, le moule de Spirifère décrit et figuré par d'Orbigny sous le nom de *Sp. Quichua*, du Devonien de Bolivie (1).

* * *

Le résumé bibliographique qui précède nous permet de ranger tout d'abord dans la synonymie du *Sp. primævus*, sans nous y arrêter davantage :

le *Sp. macropterus*, C.-F. Roemer, 1844 (pars.) ;

le *Sp. cultrijugatus*, F.-A. Roemer, 1852, et

Davidson, 1864 (pars.) ;

le *Sp. socialis*, Krantz, 1857, et Cailliaud, 1861 ;

le *Sp. paradoxoides*, Quenstedt, 1871 (pars.).

Il resterait donc à examiner si les formes décrites sous les noms de *Sp. Decheni* et *Sp. Beaujeani* possèdent des caractères assez tranchés pour les séparer du type *primævus* auquel elles sont associées ou si, au contraire, elles n'en sont que des variétés apparentes ou réelles.

Auparavant, il importe de rechercher soigneusement d'après les nombreux matériaux dont j'ai pu disposer récemment, comment il y a lieu de définir le *Sp. primævus*.

Depuis 1887, époque où j'ai donné des descriptions et des figures de ces formes, notre Musée a exploré le grès taunusien du Sud de Couvin ; non moins d'une centaine de valves isolées de ces grandes formes de Spirifères ont été recueillies ; elles sont presque toujours à l'état de moules internes (2) et consistent presque toutes en valves avec bourrelet ; je ne compte, en effet, dans le nombre, que quelques valves à sinus, plus ou moins complètes.

(1) Voir pour ces trois noms : *Catalogue synonymique et critique des Spirifères du Devonien inférieur*, faisant suite au présent Mémoire.

(2) Le test des fossiles est généralement dissous dans ces grès durs.

Sp. primævus, suite.

C'est d'après de tels matériaux, joints à ceux que j'avais précédemment étudiés, que je me trouve en mesure de donner la diagnose suivante du *Sp. primævus* :

Grande coquille à valvès convexes et de forme semi-circulaire ;
bords latéraux formant par conséquent le demi-cercle, et non étendus en forme d'ailes allongées ;
grande valve enflée au crochet qui se recourbe vers l'area ;
area, élevée au milieu, occupant toute la largeur de la coquille ;
large ouverture deltoïdienne sous le crochet ;
area de la petite valve étroite, plutôt linéaire ;
bourrelet très haut, aigu, à arête tranchante, s'élargissant fortement au front ;

sinus large, assez profond, en fond de gouttière arrondi, ne relevant pas sensiblement à son extrémité le bord palléal ;

plis latéraux épais, larges, très saillants, à crêtes anguleuses, jamais bifurqués, séparés par des sillons de largeur à peu près équivalente, profonds et anguleux ; parfois les plis sont sub-arrondis, ce qui dépend de l'état de conservation de la coquille ;

sur les *moules* généralement 7 à 8 de ces plis de chaque côté du bourrelet et du sinus, mais, sur les échantillons qui ont conservé — et le cas est malheureusement rare chez les spécimens belges — une partie de leur test, le nombre de plis augmente alors : j'ai pu compter les 8-10 côtes signalées par M. Kayser pour établir l'autonomie de son *Sp. Decheni* ;

protubérance musculaire, à l'emplacement du crochet de la grande valve, extraordinairement développée sur les moules et fortement saillante au-dessus et au delà du bord cardinal de la valve ;

sur des fragments de test, ornementation constituée par des lamelles d'accroissement concentriques, rapprochées, recouvertes de fines stries longitudinales, comme je les ai fait figurer en 1887 (loc. cit., pl. 3, fig. 2) pour le *Sp. Beaujeani* et que je reproduis ici, pl. XI, fig. 3a.

C'est cette ornementation, rencontrée sur quelques spécimens, qui m'avait frappé alors. Comme elle n'avait pas encore été signalée chez le *Sp. primævus* pour la bonne raison que le test de cette espèce était resté inconnu et, qu'en outre, je relevais entre les spécimens ainsi ornés et les moules de *Sp. primævus* quelques variations d'ordre secondaire quant à la forme de la coquille et au nombre de plis latéraux, je crus devoir les séparer.

Aujourd'hui que des séries plus étendues de spécimens me permettent

Sp. primævus, suite.

de m'assurer que l'ornementation en question est bien celle du *Sp. primævus* et que la forme plus transverse de ce soi-disant *Sp. Beaujeani* est due à une déformation, il n'y a pas lieu de maintenir ce dernier nom qui passe dans la synonymie.

Que faut-il entendre maintenant par *Sp. Decheni*?

1^o Pour séparer la forme du Harz, à laquelle il donne le nom de *Sp. Decheni*, du *Sp. primævus* de l'Eifel, M. Kayser s'appuie sur cette seule considération : « le *Sp. primævus* a moins de plis latéraux (6-8 au lieu de 8-10) et ces plis sont, par le fait, plus larges et plus anguleux (*scharfkantigeren*). »

2^o M. Barrois renseigne 8-11 plis latéraux anguleux sur la coquille, émoussés, sub-arrondis quand le test a disparu; il signale la présence de stries longitudinales sur chaque côte.

3^o M. Oehlert fait connaître, à son tour, des spécimens portant 10 à 12 plis latéraux et, parfois, deux très faibles plis dans le fond du sinus.

J'ai examiné, en ce qui concerne le premier point, 72 des spécimens de Belgique choisis parmi les mieux conservés :

1	montre	11	plis,
3	—	10	»
18	—	8	»
32	—	7	»
18	—	6	»

Il convient de remarquer que le spécimen montrant 11 plis et les 3 spécimens ayant 10 plis possèdent encore une partie du test, tandis que les 68 autres dont le nombre de plis est graduellement réduit, sont des *moules*.

Le caractère principal du *Sp. Decheni* vient ainsi à tomber; cette espèce n'est autre, sous le rapport du nombre de plis, que le *Sp. primævus* encore muni de son test.

Nous avons vu, en ce qui concerne le deuxième point, que les stries longitudinales dont parle M. Barrois sur ses échantillons d'Erbray, se retrouvent sur les *Sp. primævus* de Saint-Michel et de Couvin dès que les spécimens restent pourvus de leur test : ces stries ne sont donc pas non plus une caractéristique d'espèces distinctes.

Il reste à examiner, en ce qui concerne le troisième point, la valeur des deux très faibles plis signalés dans le sinus par M. Oehlert, sur l'échantillon qu'il figure sous le nom de *Decheni*.

Sp. primævus, suite.

Ni M. Kayser ni M. Barrois n'en font mention sur leurs spécimens, mais parmi les valves avec sinus qui sont dans les collections de notre Musée, deux d'entre elles, que j'ai assimilées avec doute, en 1887, au *Sp. Decheni*, portent un pli dans le milieu du sinus; une troisième valve en présente deux (voir pl. XI, figs. 1, 2 et 12), les autres ont le sinus sans plis.

La présence de ces plis semble donc accidentelle et indique simplement non un caractère spécifique mais ce que M. Gosselet a heureusement appelé des degrés de variation dans un même caractère.

En outre, chez les spécimens non déformés, la forme de la coquille, celle des plis latéraux, du bourrelet et du sinus sont dans le Harz, dans l'Ouest français et en Belgique, les mêmes que dans le *Sp. primævus* normal dont je possède, comme je l'ai dit, une série assez nombreuse pour trancher la question.

Le *Sp. Decheni* comme le *Sp. Beaujeani* sont donc réellement des espèces fictives et leur nom doit simplement rentrer dans la synonymie du *Sp. primævus*.

L'examen des figures fera mieux saisir leurs rapports et les passages qui ne permettent pas, à mon avis, de les séparer.

Pl. XI.

SPÉCIMENS DE L'ÉTRANGER.

Série I à VIII. Figures types pour l'établissement de la synonymie.

SPÉCIMENS BELGES DES COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL DE BRUXELLES.

- FIG. 1. Grande valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, avec 7-8 plis latéraux visibles et un pli faible dans le sinus. HUNSRUCKIEN *de St-Michel*.
- 2. Grande valve, d'un autre individu, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, avec 8 plis latéraux et un pli faible dans le sinus. HUNSRUCKIEN *de St-Michel*.
- 2a. Vue de l'area de la même coquille.
Ces spécimens avaient été rapportés par moi, en 1887, au Sp. Decheni, avec doute.
- 3. Petite valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, avec 6-7 plis latéraux recouverts de lamelles d'accroissement et de fines stries longitudinales. HUNSRUCKIEN *de St-Michel*.
- 3a. Partie grossie de l'empreinte du test de la même coquille.
Ce spécimen avait été rapporté par moi, en 1887, au Sp. Beaujeani, n. sp.
- 4. Moule naturel d'un spécimen complet, vu du côté de la petite valve. HUNSRUCKIEN *de St-Michel*.

Sp. primævus, suite.

- FIG. 4a. Le même, vu du côté de la grande valve, montrant la forte protubérance musculaire caractéristique des moules internes du *Sp. primævus*.
- 5. Grande valve, d'après un moule naturel, montrant la protubérance musculaire extraordinairement développée. HUNSRUCKIEN de *St-Michel*.
 - 6. Fragment de grande valve, d'après un moule naturel, pour montrer encore le développement de la protubérance musculaire. TAUNUSIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8724 (1).
 - 7. Petite valve, d'après un moule naturel, montrant le large bourrelet proéminent à arête anguleuse légèrement émoussée et 7-8 plis latéraux larges, très saillants, nettement anguleux. TAUNUSIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8724.
 - 8. Petite valve, d'après un moule naturel, montrant l'arête du bourrelet plus tranchante que sur le spécimen précédent et 7-8 plis latéraux. TAUNUSIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8724.
 - 9. Petite valve, d'après un moule naturel, avec 7 plis latéraux. TAUNUSIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8724.
 - 10. Fragment de petite valve, d'après un moule naturel, d'un individu moins adulte et montrant les mêmes caractères que les trois spécimens précédents, avec 8 plis latéraux. TAUNUSIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8724.
 - 11. Petite valve, d'après un moule naturel, d'un individu encore plus jeune, avec 7 plis latéraux. TAUNUSIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8724.
 - 12. Fragment de petite valve, d'après un moule naturel, pour montrer les deux faibles plis du sinus signalés par M. Oehlert (loc. cit.). TAUNUSIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8724. — *Ce fragment porte en réalité 10 plis latéraux que la convexité de la coquille n'a pas permis de reproduire exactement.*

*
* * *

Le *Sp. primævus* se trouve, en Belgique, en grande abondance dans le Taunusien et pénètre dans le Hunsruckien où il s'éteint. Il est donc chez nous essentiellement caractéristique de la base du Coblenzien.

(1) Ces numéros correspondent aux repères du levé de la Carte géologique au 1/20.000^e.

Spirifer hystericus, Schlotheim.

Hysterolites hystericus, Schlotheim 1820, *Die Petref.*, p. 249, pl. 29, figs. 1 a, b.

Création de l'espèce d'après des moules provenant de la grauwaacke de Kaysersteinel.

Schlotheim figure un de ces moules (1), sans description, mais le dessin est suffisant pour reconnaître l'espèce dont l'autonomie a été confirmée d'ailleurs par divers auteurs.

Delthyris microptera, Goldfuss, 1832, in H. v. Dechen's *Handb. der Geogn.*, p. 525.

Ni description, ni figure. Simplement cité dans une liste de fossiles du groupe de la grauwaacke, comme forme que l'on rencontre dans l'Eifel, etc.

Espèce de collection à annuler; elle n'a pas tardé à être réunie au type de Schlotheim, dont le nom a d'ailleurs la priorité.

Spirifer micropterus, d'Archiac et de Verneuil, 1841, *Trans. of the geol. Soc. of London*, 2nd Ser., VI, p. 394.

Ibid., Sowerby, p. 408, pl. 38, fig. 6.

Citent et figurent un Spirifère de la grauwaacke rhénane de Kaysersteinel (2), sous le nom de *Sp. micropterus* et l'identifient à *Hysterolites hystericus*, Schloth.

On ne comprend pas, dès lors, qu'ils lui aient conservé le nom de *micropterus*.

Trigonotreta microptera, G. Sandberger, 1842, *N. Jahrb. für Miner.*, p. 398.

Ni description, ni figure.

L'auteur cite l'espèce attribuée à Goldfuss, comme existant dans le calcaire friable de Villmar, ce qui est inadmissible. L'association du *Strigocephalus Burthni*, dans ce même horizon, infirme, en effet, cette assimilation.

Spirifer hystericus, de Koninck, 1843, *Animaux fossiles*, p. 236, pl. XV, figs. 3 a, b, c.

L'auteur décrit et figure un Spirifère du Calcaire carbonifère de la Belgique, qu'il rapporte à l'espèce de Schlotheim, mais, en 1851 (3), reconnaissant qu'il a fait erreur,

(1) Figures reproduites ici pl. XII, fig. I.

(2) Figures reproduites ici pl. XII, fig. II.

(3) *Description des animaux fossiles qui se trouvent dans le Calcaire carbonifère de la Belgique*, p. 657, pl. 15, figs. 3 a-c.

Sp. hystericus, suite.

il lui donne le nom de *Sp. tricornis*, ne se doutant pas qu'en 1844 cette forme avait déjà été décrite par F. M^c Coy, sous le nom de *Spirifera laminosa* (1).

Il n'y a donc pas lieu, pour ce qui nous concerne, de tenir autrement compte des assimilations faites par de Koninck.

Spirifer ostiolatus, C.-F. Roemer, 1844, *Rhein. Ueberg.*, p. 71.

L'auteur mentionne à tort, sous ce nom, des moules provenant de la grauwacke de Daleiden qui appartiennent au *Sp. hystericus*, Schloth.

Spirifer hystericus? Murchison, Verneuil et Keyserling, 1845, *Russie d'Europe. Paléont.* — Vol. II, 3^e part., p. 173, pl. 6, fig. 12.

Réunissent, avec doute, à l'espèce de Schlotheim, un échantillon incomplet recueilli à Kirilof dans des calcaires blancs marneux qui sont à la base du système permien. Identification plus que douteuse, en effet.

Spirifer Rousseau, Marie Rouault, in de Verneuil, 1846, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, vol. IV, p. 322.

Nouveau nom cité dans le catalogue de Marie Rouault, comprenant la nomenclature des fossiles du terrain paléozoïque des environs de Rennes, décrits très brièvement.

En effet, pour établir son *Sp. Rousseau*, l'auteur dit simplement “ formes voisines du *Sp. Verneuili* dont elles ne diffèrent que par le sinus lisse. ”

Cette diagnose, sans dessin, était évidemment insuffisante pour fixer l'espèce qui ne fut figurée qu'en 1852 par de Verneuil et discutée par la suite, comme nous le verrons en continuant l'examen de la bibliographie.

M. Barrois, après l'avoir réunie, en 1877, au *Sp. lævicosta*, la range définitivement, en 1882, dans la synonymie du *Sp. hystericus*.

Spirifer Rousseau, de Verneuil, 1850, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, vol. VII, p. 781.

Cité dans un tableau des fossiles devoniens du département de la Sarthe, à La Baconnière, Viré et Gahard.

Spirifer Venus, d'Orbigny, 1850, *Prodr. de paléont. strat.*, I, n^o 923, p. 95.

Création d'un nouveau nom pour une forme du Devonien inférieur de Néhou.

L'auteur la présente ainsi : “ Espèce très allongée transversalement, aiguë sur les côtés, ornée de 9 grosses côtes de chaque côté du sillon médian. ”

(1) L.-G. DE KONINCK. *Faune du Calcaire carbonifère de la Belgique*. 6^e part. Brachiopodes. (Ann. du Mus. Roy. d'Hist. Natur. Tome XIV), p. 104, 1887.

Sp. hystericus, suite.

Espèce insuffisamment établie, que M. Barrois réunit, en 1882, au *Sp. hystericus* et que M. Oehlert maintient comme spécifiquement distincte, en 1884, ainsi que nous le verrons plus loin.

Spirifer Cytherea, d'Orbigny, 1850, *Prodr. de paléont. strat.*, I, n° 924, p. 95.

Création d'un nouveau nom pour une forme du Devonien inférieur de Ferrônes (Espagne), avec cette simple mention : " espèce voisine de *Sp. Venus*, mais avec 14 côtes de chaque côté du sillon. „

Espèce insuffisamment établie, que M. Barrois réunit également, en 1882, au *Sp. hystericus*.

Spirifer Rousseau, de Verneuil et Collomb, 1852, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, vol. X, p. 163, pl. III, figs. 1 a, b, c.

La forme de Marie Rouault, 1846, est figurée pour la première fois, d'après des spécimens recueillis dans les calcaires devoniens en Espagne (1).

Spirifer carinatus, Schnur, 1853, *Eifel Brach.* (Palæont. III, 1854), p. 202, pl. 33, figs. 2 a-e.

Cette espèce, que l'auteur rapproche du *Sp. ostiolatus*, Schloth. (*laevicosta*, Valenc.) a été créée pour des moules de la grauwacke de Prüm, Daun, Waxweiler et de Daleiden où elle est particulièrement abondante (2).

Mais nous verrons plus loin que des auteurs, notamment de Koninck, 1876, Barrois, 1882, et Beushausen, 1884, sont d'accord pour la réunir au *Sp. hystericus*, ce que M. Kayser, 1889, ne peut admettre. Il considère les deux formes comme étant absolument distinctes, en se réservant de le démontrer ultérieurement.

Spirifera microptera, Steininger, 1853, *Geogn. Beschr. d. Eifel*, p. 71.

Assimile des moules de la grauwacke de Daleiden à l'espèce de Goldfuss, en reconnaissant qu'ils se confondent aussi bien, par les incisions dentaires, avec l'*hystericus* de Schlothheim, qu'avec le *micropterus* figuré par Sowerby.

Mais Steininger fait remarquer qu'il ne possède pas d'échantillons suffisamment complets pour caractériser exactement l'espèce ?

Spirifera carinata, Steininger, 1853, *Geogn. Beschr. d. Eifel*, p. 76.

Crée le nom pour une coquille du calcaire de Gerolstein, qui se rencontrerait à l'état de moules dans le rotheisenstein de l'Eifel et dans la grauwacke rhénane.

(1) Figures reproduites ici pl. XII, fig. III.

(2) Figures reproduites ici pl. XII, fig. IV.

Sp. hystericus, suite.

A défaut de figure, la description de l'auteur est absolument insuffisante pour pouvoir se faire une idée de la forme dont il fait mention et à laquelle il réunit le *Sp. cultrijugatus*, Roemer, 1844, sans le motiver.

M. Kayser, au contraire, introduit, en 1871, cette espèce de Steininger, mais avec doute, dans la synonymie du *Sp. cultrijugatus*.

Comme le nom de *Sp. carinatus* a été employé la même année par Schnur pour une forme figurée et bien décrite, il n'y a pas lieu de tenir autrement compte de celui donné par Steininger.

Voilà donc encore un remarquable exemple de confusion :

1^o Création d'une espèce fictive ;

2^o Si, en réalité, les spécimens auxquels Steininger a eu affaire étaient synonymes de *Sp. cultrijugatus*, Roemer, pourquoi cette contravention à la loi de priorité par la substitution d'un nouveau nom ?

Spirifer micropterus? Hébert, 1855, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XII, p. 1185.

Signale, pour la première fois, la présence de cette espèce parmi les fossiles gedinniens de Mondrepuits, mais avec un point de doute quant à l'assimilation.

Spirifer Belouini, Marie Rouault, 1855, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XII, p. 1044.

Nouveau nom créé pour une forme du Devonien inférieur du département de la Manche, différant peu, d'après l'auteur, du *Sp. Rousseau* : elle serait moins large, à sinus plus élevé et plus tranchant et aurait 15 plis latéraux au lieu de 10.

Marie Rouault ajoute que les deux exemplaires qu'il possède sont " fort incomplets. „ C'eût été une raison de plus pour ne pas introduire dans la nomenclature une espèce mal établie et par conséquent fictive.

M. Barrois la réunit néanmoins, en 1882, au *Sp. hystericus*.

Spirifer micropterus, Gosselet, 1860, *Terr. prim. de la Belgique*, pp. 148 et 150.

Cité dans une liste de fossiles du Gedinnien de Mondrepuits, d'après M. Hébert (loc. cit.) et dans l'assise inférieure de l'étage des schistes à Calcéoles.

Spirifer carinatus, Gosselet, 1860, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XVIII, p. 30.

Cité dans les couches à Plérinées de l'étage du Poudingue de Burnot, vers Masbourg.

Sp. hystericus, suite.

Spirifer micropterus, Gosselet, 1862, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XIX, p. 560.

Cité dans la grauwacke à *Leptaena Murchisoni* (Hunsrückien de Dumont), entre Montigny s/Meuse et Vireux.

Spirifer micropterus, Gosselet, 1864, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XXI, p. 306.

Cité dans la grauwacke à *Leptaena Murchisoni* de la vallée de la Meuse, près de Montigny.

Spirifera hystERICA, Davidson, 1864, *Brit. Devon. Brach.* p. 34, pl. 8, figs. 16, 17 et 18.

L'auteur rapporte à l'espèce de Schlotheim, dont il donne une description d'après la figure publiée par ce dernier, des exemplaires de Linton, North Devon, en faisant des réserves sur l'ornementation du test. L'état de conservation des spécimens de Linton pas plus que les moules de Schlotheim ne permettent, dit-il, de trancher la question.

A l'exemple des auteurs précédents, il introduit dans la synonymie le *Sp. micropterus*.

Spirifer macropterus, F.-A. Roemer, 1865, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.*, XVII, p. 592, pl. 17, fig. 6.

Figure un moule interne de Spirifère du Devonien inférieur de la région de l'Alvater, que L.-G. de Koninck identifie, avec raison, en 1876, au *Sp. hystericus* dont il possède les caractères.

Spirifer hystericus, Schloth., sp. (**Spirifer micropterus**, Goldf.), de Verneuil, 1866, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XXIV, p. 123.

Cite ainsi cette espèce dans une liste de fossiles devoniens de Chagey (Vosges).

Spirifer carinatus, Quenstedt, 1871, *Petref. Deutschl. Brach.*, p. 474, pl. 52, fig. 11.

L'auteur figure sous ce nom un moule de Spirifère de la grauwacke de l'Eifel (1) en faisant toutefois remarquer que la forme *carinatus* de Schnur, 1853, " peut être considérée comme le type du **Sp. hystericus**. „

(1) Figure reproduite ici pl. XII, fig. V.

Sp. hystericus, suite.

Spirifer hystericus, Quenstedt, 1871, *Petref. Deutschl. Brach.*, p. 475, pl. 52, figs. 12, 13.

L'auteur figure de nouveaux moules de la grauwacke de Dillenburg et de Kahlenberg (1), cette fois sous le nom d'*hystericus*.

M. Barrois, 1882, mentionne que " ces trois figures de Quenstedt sont très bonnes en ce qu'elles montrent, tel qu'il est, le Spirifère le plus commun de la grauwacke de la Meuse et du Rhin. „

Spirifer hystericus, Kayser, 1871, in **Sp. lævicosta**, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.* XXIII, p. 564.

L'auteur réunit l'espèce de Schlotheim au *Sp. lævicosta*, Valenciennes. Il rappelle que l'on a désigné sous le nom de *Sp. hystericus* des moules correspondant à la forme *lævicosta* provenant principalement de la grauwacke rhénane et qui ont " deux fortes incisions à l'emplacement des supports des dents. „

Au Musée de Berlin se trouvent, dit-il, " des exemplaires originaux d'*Anomites hystericus* de la collection de Schlotheim, provenant, d'après l'étiquette, de Kaisersteinel, qui laissent à peine un doute sur l'exactitude de cette identification.

„ D'autres moules, ayant l'area plus haute, étiquetés *hystericus*, se rapportent au *Sp. subcuspidatus*, Schnur.

„ D'autres encore, toujours étiquetés *hystericus*, diffèrent par leurs caractères de *lævicosta* et se rapprochent bien plus de la forme, jeune âge, du *Sp. elegans*, Steining, du Calcaire de l'Eifel. „

S'il en est ainsi, il est évident que les déterminations de Schlotheim sont discutables.

Mais, enfin, il s'agit de savoir si le moule figuré par l'auteur en 1820 établit suffisamment l'espèce *hystericus*, sans s'arrêter aux autres moules des collections du Musée de Berlin, portant l'étiquette *hystericus*, attendu que ces derniers n'ayant été ni figurés, ni décrits, demeurent des échantillons de collections qui n'ont rien à voir, dans ces conditions, avec la nomenclature spécifique.

Or, la plupart des paléontologues, je l'ai dit plus avant, p. 150, maintiennent l'espèce de Schlotheim; les nombreux matériaux que j'ai pu étudier confirment cette opinion.

Au surplus, le nom de *lævicosta*, Valenc. doit disparaître comme faisant double emploi avec celui d'*ostiolatus* également créé par Schlotheim et dont nous aurons

(1) La figure 12 est reproduite ici pl. XII, fig. VI.

Sp. hystericus, suite.

à nous occuper dans la suite de ce travail, lorsque nous examinerons les Spirifères du Devonien moyen.

Spiriter carinatus, Kayser, 1871, in **Sp. lævicosta**, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.*, XXIII, p. 565.

L'auteur estime que les caractères zoologiques qui différencient le *Sp. carinatus* Schnur, du *Sp. lævicosta*, Valenciennes, semblent ne pas être assez constants pour justifier la séparation de ces deux formes; il croit que le nom de *carinatus* ne sera pas conservé.

J'ajouterai, pas plus que celui de *lævicosta* qui disparaît de la nomenclature comme nous venons de le voir à l'instant.

Spirifer hystericus, de Koninck, 1876, *Foss. gedinniens* (Ann. Soc. géol. de Belg., III), p. 40, pl. I, fig. 8.

Décrit et figure cette forme du Gedinnien de Mondrepuits et signale qu'il a acquis la certitude, par des étiquettes écrites de la main de Goldfuss, que le *Delthyris microptera* de cet auteur est identique à l'*Hysterolites hystericus*, Schlothheim.

L'élimination du nom *micropterus* est donc établie en fait.

de Koninck ajoute encore qu'il incline à ne voir dans le *Sp. carinatus* qu'une variété du *Sp. hystericus*.

Spirifer macropterus, de Koninck, 1876, *Ibid.*, p. 41.

L'auteur range dans la synonymie du *Sp. hystericus*, Schloth., la fig. 6, pl. 17, publiée par F.-A. Roemer, en 1865, sous le nom de *Sp. macropterus*.

Spirifer lævicosta = **Sp. Rousseau**, Barrois, 1877, *Devon. de la rade de Brest* (Ann. Soc. géol. du Nord, IV), p. 76.

L'auteur donne le nom de *lævicosta* à l'espèce généralement désignée en France comme *Sp. Rousseau*, Marie Rouault, cette identité étant confirmée par M. Kayser; mais, en 1882, "reconnaissant que les moules intérieurs du **Sp. Rousseau** sont identiques aux formes décrites sous le nom de **Sp. hystericus** en Allemagne, il convient, dit M. Barrois, de leur rendre ce dernier nom qui a la priorité."

Spirifer Rousseau, Oehlert, 1877, *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, V, p. 595.

Espèce très abondante dans le Devonien inférieur de la Sarthe et de la Mayenne.

L'auteur n'admet pas l'opinion de M. Barrois qui réunit sous un même nom

Sp. hystericus, suite.

Sp. Rousseau et *Sp. lævicosta*, " ce dernier étant subquadrangulaire, assez aplati, avec des plis arrondis, caractères que n'offre jamais le *Sp. Rousseau*. De plus, les moules internes sont différents et l'auteur déclare n'avoir jamais trouvé de formes intermédiaires permettant de considérer ces deux espèces comme de simples variétés. „

Nous venons de voir que M. Barrois n'a pas maintenu cette première assimilation.

Spirifer lævicosta, Oehlert, 1877, *Ibid.*, p. 595.

L'auteur cite cette espèce du *Devonien moyen* de l'Ardenne et de l'Allemagne, dans le *Devonien inférieur* de la Mayenne. M. Barrois, en 1882, n'admet pas cette identification : cette forme de Bretagne doit prendre le nom de *Sp. hystericus*.

Spirifer Venus, E. Bayle, 1878, *Expl. de la Carte géol. de France*, IV. Atlas, pl. 14, figs. 9 et 10.

Sans description. Simple figure d'un échantillon du Devonien inférieur de Néhou (1).

D'après M. Oehlert, 1884, ces figures ne correspondent pas au *Sp. Venus* type de d'Orbigny.

Spirifer Rousseau, E. Bayle, 1878, *Expl. de la Carte géol. de France*, IV. Atlas, pl. 14, figs. 6, 7, 8.

Sans description. Simple figure d'un échantillon du Devonien inférieur de Néhou.

Spirifer excavatus, Kayser, 1878, *Die Fauna d. ältest. Devon. Harz.*, p. 172, pl. 22, figs. 7-9; pl. 23, fig. 6 et pl. 25, figs. 22, 25 et 26.

Nouvelle espèce, alliée au *Sp. hystericus*, créée par l'auteur mais insuffisamment établie. Je m'en rapporte à ce que j'en ai dit en 1887 à propos du *Sp. Gosseleti*, à savoir :

" La forme belge se rapproche beaucoup, au premier examen, de la fig. 8, pl. 22, du *Sp. excavatus*, Kayser, et j'aurais été assez disposé à en étudier de plus près les rapports, sans les observations que M. J. Barrande a publiées (2) sur la difficulté de reconnaître l'identité spécifique des diverses figures, si différentes l'une de l'autre, associées sous le même nom par le savant paléontologue de Berlin. „

(1) Figures reproduites ici pl. XII, fig. 7.

(2) Brachiopodes. Études locales, 1879, p. 296.

Sp. hystericus, suite.

Spirifer hystericus, Gosselet, 1880, *Ann. Soc. géol. du Nord*, VII, p. 129.

Tout est remis en question.

D'après l'historique de M. Gosselet, M. Kayser a reconnu, dans la collection de Schlotheim, conservée au Musée de Berlin, trois formes différentes parmi les moules portant l'étiquette de *Spirifer hystericus* : *Sp. lævicosta*, *Sp. subcuspidatus* et *Sp. elegans*.

Pour M. Kayser, comme nous l'avons vu ici, p. 153, c'est la forme *lævicosta* qui aurait été figurée par Schlotheim sous le nom d'*hystericus*, mais M. Gosselet n'admet pas, et avec raison, cette identification du *Sp. ostiolatus* (non *lævicosta*, syn.) de Paffrath, c'est-à-dire appartenant au Devonien moyen, avec l'espèce de la grauwaacke ancienne de l'Eifel désignée sous ce nom.

L'auteur rappelle encore la détermination erronée faite en 1843 par de Koninck, mais qui a été rectifiée depuis lors ; puis l'assimilation faite par ce dernier et par Davidson du *Sp. micropterus* au *Sp. hystericus* et, enfin, l'avis émis par M. Kayser que le *Sp. micropterus* de Goldf. est vraisemblablement synonyme du *Sp. elegans* de Steininger (1).

Dans ces conditions, conclut M. Gosselet, " le nom de *Sp. hystericus* ne doit-il pas être abandonné en raison de l'incertitude où l'on est pour l'appliquer à une espèce plutôt qu'à une autre ? „

Tel n'était pas l'avis de M. de Koninck qui, également après avoir examiné les espèces de Goldfuss, a déjà écarté, en 1876, le nom de *micropterus* et confirmé celui donné par Schlotheim pour la forme la plus ancienne.

D'autres considérations qui militent en faveur du maintien de l'espèce créée par Schlotheim, sont exposées par M. Barrois dans son *Mémoire sur la Géologie des Asturies*, 1882, comme nous allons le voir plus loin.

Spirifer micropterus, C. Koch, 1880, *Taunus und Westerwald* (Jahrb. d. k. preuss. geol. Landes. für 1880), p. 208.

Cite le *Sp. micropterus*, d'Archiac et de Verneuil, à Usingen, Erbach, Daleiden, etc., à la partie moyenne du Devonien inférieur rhénan.

Spirifer hystericus, C. Koch, 1880, *Taunus und Westerwald* (Jahrb. d. k. preuss. geol. Landes. für 1880), p. 211.

Cite l'espèce de Schlotheim, en grande abondance, à Burgschwalbach, Ohren et Haintgen et, plus rare, à Friedrichseegen et à Ems, à la partie moyenne du Devonien inférieur rhénan.

(1) *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.* XXIII, p. 571, 1871.

Sp. hystericus, suite.

Spirifer hystericus, Kayser, 1881, *Jahrb. d. k. preuss. geol. Landes. für 1880*, p. 263.

Cite le *Sp. hystericus* de Schlotheim dans les quartzites taunusiens à Rinzenberg, Sauerbrunnen, Weissfels; à Neuhütte avec doute, en se référant à la fig. 8, pl. 1, de de Koninck, 1876, représentant un moule de la grande valve.

Spirifer hystericus, Barrois, 1882, *Asturies*, p. 250, pl. 9, fig. 11 (1).

Introduction de nouveaux noms dans la synonymie et discussion approfondie des formes auxquels ils ont été attribués. Le désordre disparaît enfin dans l'étude de cette forme compliquée.

Tout d'abord, M. Barrois " considère comme typiques les figures publiées par Schlotheim, sans s'arrêter aux erreurs d'assimilation que le paléontologue allemand aurait commises dans sa collection. "

Il admet la réunion faite, en 1841, par Sowerby, du *Sp. micropterus*, Goldfuss, au *Sp. hystericus*, Schlotheim, et " la considère comme décisive au sujet du nom que doit porter l'espèce, en se basant sur les caractères zoologiques identiques que montrent bien les figures de Sowerby, notamment les deux grandes incisions latérales du crochet sur les moules de la valve ventrale. "

Suivant les interprétations de Kayser, 1871, Quenstedt, 1871, et de Koninck, 1876, M. Barrois réunit le *Sp. carinatus*, de Schnur, au *Sp. hystericus*, comme variété.

Le *Sp. Rousseau* ne serait autre que ce dernier également. Cette assimilation est justifiée par des études qu'il a faites sur des moules de la grauwaacke et sur des échantillons du calcaire, munis de leur test;

le *Sp. Venus*, d'Orbigny, in Bayle, et le *Sp. Cytherea*, du même auteur, représenteraient des variations individuelles du *Sp. hystericus*;

le *Sp. Belouini*, Marie Rouault, qui rappelle spécialement la var. *carinatus* de Schnur, de même;

le *Sp. lævicosta*, Valenciennes, cité par M. Oehlert dans le *Devonien inférieur* de l'Ouest de la France et qu'il rapporte à la figure du *Sp. lævicosta* de Schnur, des schistes à calcéoles (*Devonien moyen*) ou, pour être plus correct, au *Sp. ostiolatus*, Schlotheim, de cet horizon, est zoologiquement et stratigraphiquement différent. L'espèce des schistes à calcéoles doit reprendre son nom d'*ostiolatus* et, à défaut

Sp. hystericus, suite.

du nom de *lævicosta* qui, d'après M. Gosselet (1), tombe dans la synonymie, c'est le nom de *Sp. hystericus* qui revient de droit à la forme de la grauwaacke.

En résumé, d'après le travail de M. Barrois :

a) la forme des schistes à calcéoles est le *Sp. ostiolatus*, Schlotheim ;

b) la forme de la grauwaacke est le *Sp. hystericus*, Schlotheim (= *Rousseau*, Marie Rouault) ;

c) les *Sp. carinatus*, Schnur, *Venus*, d'Orbigny, in Bayle, *Cytherea* d'Orbigny et *Belouini*, Marie Rouault, seraient des variations individuelles du *Sp. hystericus*.

“ *Les variations du nombre de plis, dit l'auteur, sur lesquelles reposent ces espèces, sont trop fréquentes et trop irrégulières chez les Spirifères devoniens, pour qu'on puisse les considérer comme ayant une valeur spécifique.* ”

Spirifer Venus, Oehlert, 1884, *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, XII, p. 432, pl. 18, fig. 3 a-d.

L'auteur décrit et figure cette espèce non fixée par d'Orbigny, d'après des échantillons de Saint-Jean-Sur-Mayenne (2). “ *Il signale comme caractère très constant chez cette espèce, le méplat bien caractérisé du sommet du bourrelet.* ”

“ La figure de Bayle, ne représentant pas le type de d'Orbigny, doit être écartée, et M. Oehlert ajoute que le *Sp. Venus* montre, dès le jeune âge, sa forme caractéristique et que les spécimens de très petite taille sont bien distincts des *Sp. Rousseau*, *lævicosta* et *undiferus* avec lesquels ils se trouvent mélangés ; sa taille maximum reste toujours inférieure à celle qu'atteint normalement le *Sp. Rousseau*. ”

Le *Sp. Venus* serait donc une espèce autonome, bien caractérisée, à conserver dans la nomenclature. Nous n'avons rencontré en Belgique, dans le Coblenzien, aucune forme de Spirifère qui s'en rapprochât.

Spirifer hystericus, Beushausen, 1884, *Abhandl. d. königl. preuss. geol. Landes.*, VI, p. 119, pl. 6, fig. 18.

Donne de bonnes figures d'une valve ventrale provenant du Devonien inférieur de Bocksberge et d'une valve dorsale de Kahleberge qui concordent bien avec la forme *hystericus* ; l'auteur admet les assimilations faites par M. Barrois ; il range, dans la synonymie, le *Sp. micropterus*, Goldf., le *Sp. carinatus*, Schnur et le *Sp. speciosus comprimatus*, Roemer, au sujet duquel je ne m'arrêterai pas ici.

(1) Priorité. *Ann. Soc. géol. du Nord*, VII, p. 128, 1880.

(2) Figures reproduites ici pl. XII, fig. IX.

Sp. hystericus, suite.

Spirifer hystericus, Gosselet, 1885, *Ann. Soc. géol. du Nord*, XII, pp. 337, 338.

Cite cette espèce dans les quarzophyllades de Nouzon qu'il rapporte, avec Dumont, à l'assise hunsruckienne; elle a été trouvée également dans des lentilles de grès blanc, de facies anoreux, comprises dans ces quarzophyllades.

Spirifer hystericus, Quenstedt, 1885, *Handb. d. Petrefact.*, p. 727, pl. 56, figs. 18, 19.

Figure deux moules de ce Spirifère de la grauwacke, avec les fortes incisions latérales du crochet.

Spirifer prohystericus, Maurer, 1886, *Fauna d. rechtsrhein. Unterdevon*, p. 19.

Nouveau nom créé pour " une forme du Taunusquarzit, très voisine de l'*hystericus*, avec la ligne cardinale plus longue, à angles latéraux pointus, grand nombre de plis et empreintes des supports dentaires peu divergents. "

Ainsi que je l'ai déjà mentionné, et d'autres auteurs l'ont fait remarquer avant moi, il n'est pas possible d'admettre comme caractères essentiels des degrés de variation dans un même caractère, si fréquents quand on examine non pas quelques spécimens isolés, mais une série étendue de spécimens d'une même espèce.

Spirifer hystericus, Gosselet, 1886, *Tableau de la faune coblenzienne* (Ann. Soc. géol. du Nord, XIII), pp. 296 et 298.

Cité dans la grauwacke de Montigny, dans les grès de Vireux et dans l'horizon inférieur de la grauwacke de Hierges.

Spirifer Rousseau, Oehlert, 1887, *Foss. devon. de l'Ouest de la France* (Ann. d. Sciences géol., XIX), p. 39.

L'auteur constate simplement la présence de cette espèce à Sablé, et la signale comme caractéristique des calcaires à *Athyris undata* dans l'Ouest de la France.

Spirifer Gosseleti, Béclard, 1887, *Foss. coblenz. de Saint-Michel* (Bull. Soc. Belge de géol. etc., I), p. 81, pl. IV, figs. 1-6.

L'auteur décrit et figure, sous ce nouveau nom, un Spirifère d'assez petite taille, ayant des affinités avec le *Sp. hystericus*, mais qu'il considère comme inédit (1).

(1) Les figures 1, 2, 3 et 4 ont été reproduites ici pl. XII, figs 1 et 2.

Sp. hystericus, suite.

Spirifer hystericus, Béclard, 1887, *Ibid.*, p. 82.

L'auteur présente quelques remarques sur des identifications de formes rapportées à cette espèce de Schlotheim.

Spirifera hystericus, Etheridge, 1888, *Foss. British Islands*, p. 155.

Cité dans le Devonien inférieur et moyen de l'Angleterre avec, comme synonyme, *Sp. micropterus*.

Spirifer hystericus, Gosselet, 1888, *L'Ardenne*, pp. 323 et suiv.

Mentionné dans les listes de fossiles des assises hunsrückienne, ahrienne et dans la grauwaacke de Hierges.

Spirifer hystericus, F. Sandberger, 1889, *Devon. Syst. in Nassau*, pp. 31 et suiv.

Cite cette espèce dans la partie inférieure du Spiriferen-sandstein du Nassau.

Spirifer carinatus, Kayser, 1889, *Die fauna d. Hauptquartz. u. d. Zorger schiefer d. Unterharzes* (Abhandl. k. preuss. geol. Landes.), pp. 24 et 75, pl. 1, figs. 3, 4 et 4a; pl. 10, fig. 2; pl. 14, figs. 4, 5.

L'auteur rappelle que cette espèce a été créée par Schnur sur des échantillons provenant de Daleiden où elle est très répandue dans les couches du Coblenzien supérieur. Il en figure deux beaux moules de cette localité et d'autres de Klostergrund et d'Eland, qu'il rapporte à la même espèce.

Il fait remarquer que Schnur signale avec raison cette forme comme pouvant être confondue avec le *Sp. ostiolatus*, Schlotheim (*Sp. lævicosta*, Valenc.) du calcaire de l'Eifel. " Il peut exister certainement des affinités zoologiques entre elles et des formes intermédiaires qui les relient comme on en constate, dit l'auteur, entre le *Sp. auriculatus* de la grauwaacke et le *Sp. cultrijugatus* du calcaire, mais la grande masse des individus du Devonien inférieur, d'une part, et du Devonien moyen, d'autre part, est suffisamment distincte, pour que les deux formes en discussion soient considérées comme espèces propres. »

Quant à la position stratigraphique du *Sp. carinatus*, M. Kayser remarque que cette forme est la plus répandue à la partie la plus inférieure du Coblenzien supérieur, mais elle descend beaucoup plus bas. Elle apparaît notamment, dans son plein développement, dans le Coblenzquarzit et aussi dans le Coblenzien inférieur de Stadtfeld et Zenscheid, Eifel, où la forme se modifie : " *le sinus, assez large, a le fond anguleux émoussé; le bourrelet, relativement élevé, est arrondi;*

Sp. hystericus, suite.

les plis latéraux sont au nombre de 10-12, mais ces variations ne l'écartent que faiblement du type. Il est entré dans l'usage, dit-il, de désigner ces moules sous le nom de **Sp. hystericus**, Schlotheim. „

L'auteur se propose enfin de démontrer ultérieurement, dans un travail sur la faune de la grauwacke de Siegen, que le nom *hystericus*, Schloth. de même que son synonyme *micropterus*, Goldf. appartiennent à un Spirifère de la grauwacke de Siegen, nettement distinct du *Sp. carinatus*.

Spirifer micropterus, Maurer, 1890, *N. Jahrb. für Min. etc. Jahrg.* 1890, II, p. 203.

L'auteur fait remarquer que le *Sp. micropterus*, Goldf. est une forme douteuse que plusieurs auteurs rapportent au *Sp. hystericus*, Schloth. ou au *Sp. carinatus*, Schnur, et que le *Sp. Gosseleti*, Bécl. ne peut être confondu avec les précédentes.

M. Maurer a trouvé également le *Sp. Gosseleti* à Seifen et il lui reconnaît ses caractères propres, „ notamment le sillon longitudinal médian divisant le bourrelet, qui fait défaut chez le **Sp. hystericus**. „

* * *

Il a été fait plusieurs fois allusion, dans les synonymies des formes du Devonien inférieur, au *Sp. speciosus*.

On sait que cette espèce a des caractères propres, nettement marqués et qu'il n'y a pas possibilité de la confondre avec ses autres congénères. Au surplus, son niveau stratigraphique a été bien établi : on la rencontre déjà au sommet du Coblenzien, mais c'est surtout l'étage couvinien qu'elle caractérise, avec la *Calceola sandalina*.

Je n'ai donc pas cru devoir m'arrêter aux erreurs d'assimilation qui ont été faites par les anciens paléontologistes.

* * *

Les 55 citations qui viennent d'être passées en revue, montrent déjà jusqu'à quel point la spécificité de la forme *hystericus* a été controversée.

On voit successivement mis en question les noms de :

Sp. micropterus, dont l'assimilation avec l'espèce de Schlotheim est, aujourd'hui, un fait acquis ;

Sp. hystericus, suite.

- Sp. carinatus*, dont la réunion au même type est également admise, sauf par M. Kayser ;
- Sp. tricornis* = *Sp. laminosa*, espèce différente, du Calcaire carbonifère ;
- Sp. speciosus*, espèce différente, caractéristique des couches à *Calcéoles* ;
- Sp. lævicosta* = *Sp. ostiolatus*, espèce différente, du Devonien moyen ;
- Sp. excavatus*, forme du Devonien inférieur, dont la spécificité n'est pas établie ;
- Sp. Rousseau*, forme représentant l'*hystericus* dans le Devonien inférieur de la France occidentale et à laquelle M. Barrois restitue le nom de Schlotheim ;
- Sp. Cytherea*,
Sp. Belouini,
Sp. Venus (in Bayle),
Sp. Venus, } trois formes que M. Barrois considère comme des variations locales et qu'il est préférable de supprimer, puisqu'elles n'ont pas été fixées spécifiquement ;
- espèce insuffisante de d'Orbigny, ressuscitée par M. Oehlert qui la décrit et la figure et qui serait dès lors à maintenir dans la nomenclature ;
- Sp. prohystericus*, qui paraît bien ne représenter qu'un état de conservation spécial et, dans tous les cas, dont la spécificité est insuffisamment établie.

Avec l'autorité qui lui est reconnue, M. Barrois a fait, dans le beau mémoire qu'il a publié en 1882 sur les *Terrains anciens des Asturies et de la Galice*, la critique la plus étendue qui ait paru sur la synonymie de « cette vieille espèce de la grauwacke rhénane, fondée seulement sur des moules internes. »

Il a été le premier à en bien fixer le type par la diagnose suivante des spécimens de Schlotheim : « *Coquilles un peu transverses, à sinus et bourrelet lisses un peu saillants, portant onze plis de chaque côté, séparés les uns des autres par des sillons assez profonds et montrant des stries d'accroissement prononcées. Le moule de la valve ventrale est caractérisé par deux incisions profondes qui, partant du crochet à la hauteur du troisième pli, atteignent le tiers de la longueur de la coquille en se dirigeant vers le sinus.* »

M. Barrois a réuni au type à peu près toutes les formes distinguées dans la bibliographie, dont je viens de rappeler les noms.

Comme je l'ai fait en 1887 (1), je renvoie à cette remarquable étude du *Sp. hystericus*.

(1) *Bull. Soc. belge de Géol.*, etc. Tome I, p. 82.

Sp. hystericus, suite.

A cette époque, je faisais des réserves quant à la réunion du *Sp. Rousseau* à l'espèce qui nous occupe ici.

Depuis lors, M. Barrois a eu l'amabilité de m'envoyer de beaux moules et des empreintes des deux valves du *Sp. Rousseau* de la grau-wacke du Faou (Finistère), auxquels j'attache de l'importance car ils me permettent de relier par des passages presque insensibles, la forme des grau-wackes de Bretagne, que je possède aussi de La Baconnière, grâce à l'obligeance de M. D. Oehlert, aux nombreux spécimens belges de *Sp. hystericus* représentés dans les collections du Musée de Bruxelles. Je n'hésite donc plus à me rallier à l'identification faite par M. Barrois.

J'ajouterai que je possède des moules, recueillis dans le Burnotien des environs de Grupont, qu'il n'est pas possible, par comparaison directe sur échantillons, de séparer de ceux de la forme française.

En ce qui concerne le *Sp. Venus*, M. Oehlert a fait remarquer que la figure publiée dans l'atlas de Bayle ne peut être considérée comme représentant le type de d'Orbigny « décrit » dans le *Prodrome* et existant dans la collection du Muséum de Paris. Cette forme aurait notamment pour caractère spécial, dès le jeune âge, l'aplatissement du bourrelet et du fond du sinus.

J'ai fait reproduire la figure de Bayle et les nouvelles figures données par M. Oehlert, qui sont, en effet, sensiblement différentes.

Les spécimens belges du *Sp. hystericus* se rencontrent presque toujours à l'état de valves séparées ; celles-ci présentent les caractères suivants :

Forme semi-circulaire, dont la plus grande largeur se trouve parfois au bord cardinal, mais, le plus souvent, en dessous, vers le milieu de la coquille ;

grande valve ayant les parties latérales assez bombées et un large sinus lisse, à fond anguleux ou plus arrondi selon l'état de conservation, et même tout à fait arrondi, comme dans la figure type de Schlotheim ;

côtes latérales simples, bien prononcées et également arrondies ou anguleuses suivant qu'elles ont été plus ou moins bien préservées : on en compte généralement 14 à 18, mais ce nombre, réduit parfois à 10, s'élève jusqu'à 20 sur quelques échantillons ;

coquille couverte de fines lamelles d'accroissement imbriquées, rapprochées, ondulées et qui semblent avoir été striées ou frangées, à en juger par des fragments de test conservé ;

Sp. hystericus, suite.

area de la grande valve occupant à peu près toute la longueur de la charnière, assez élevée, légèrement concave, présentant dans le milieu une ouverture deltoïdienne triangulaire à large base;

crochet de la grande valve bien accusé et faiblement recourbé au sommet;

petite valve modérément convexe, garnie au milieu d'un fort bourrelet dont le sommet est aplati sur une partie des spécimens que j'examine et plus arrondi ou anguleux sur d'autres. Comme chez tous les Spirifères provenant des grauweekes anciennes belgo-rhénanes, ce caractère est variable suivant l'état de conservation ou de compression des moules.

Il est à noter que l'angulosité si nette de la crête du bourrelet dans la forme des *calcaires* de l'Ouest français résulte à l'évidence de l'absence de déformation des échantillons. Déjà les spécimens que je possède de la *grauwacke* du Finistère ont le dessus du bourrelet plus arrondi.

Les plis latéraux et l'ornementation sont conformes à ce qui existe sur la valve opposée. Ici l'area est très peu développée en hauteur; elle présente un léger relèvement à l'emplacement du crochet; celui-ci est assez faiblement indiqué.

Sur les *moules*, deux profondes incisions, se terminant généralement dans le deuxième sillon intercostal ou à la hauteur du 3^e pli, limitent latéralement les empreintes musculaires qui ne font pas, ou très légèrement, saillie sur le plan de la valve. Ces empreintes, qui atteignent ordinairement en longueur le $\frac{1}{3}$ de la coquille, à bords faiblement divergents ou aussi parallèles, sont fortement déprimées dans le milieu; elles portent parfois la trace des trois plis latéraux les plus voisins du sinus et sont couvertes d'une fine striation verticale ou rayonnante; certains échantillons présentent en outre une petite fissure intermédiaire, comme trace d'un septum médian à l'intérieur de la valve.

Il y a lieu de remarquer que le nombre de plis est très variable chez le *Sp. hystericus* comme, en général, chez beaucoup d'autres espèces, soit qu'on ait affaire à la coquille conservée ou à son moule interne, soit qu'on examine une série de spécimens de la même forme dans un même état de développement ou dans un même état de conservation. Il n'y a pas à songer à trouver une constante caractéristique dans le nombre de plis dont les coquilles sont ornées.

Sp. hystericus, suite.

C'est ainsi que je relève sur les moules figurés

par Schlotheim	11	plis
par Sowerby	12	—
par Schnur	15 à 20	—
par Quenstedt	12 à 16 (1)	—
par M. Barrois	10 à 12	—

et cet auteur mentionne que d'autres moules, de même forme, portent jusqu'à 20 plis de chaque côté du sinus et du bourrelet.

Quarante des valves les mieux conservées, choisies dans nos collections, m'ont donné, quant au nombre de plis, les chiffres suivants :

2	portant	10-12	plis	}	= 10 %
1	—	12-13	—		
1	—	13-14	—		
18	—	14-16	—	}	= 78 %
13	—	16-18	—		
2	—	18-20	—	}	= 12 %
3	—	20-21	—		

d'où il résulte que le nombre de plis latéraux peut varier du simple au double et que la forme normale du *Sp. hystericus*, en Belgique, possède 14-18 de ces plis.

J'ai pu constater, sur des valves bien conservées, que l'ornementation du test est tout à fait conforme à celle figurée par Schnur; ma figure 16^a, qui en donne un agrandissement, semble être, en effet, la reproduction de la figure 2^d, pl. XXXIII, de cet auteur. Il n'en est rien; le dessin est fait directement d'après nos spécimens.

Les autres caractères, tels que la forme de la coquille, celle des plis latéraux, du bourrelet, du sinus, etc., offrent de légères variations d'un spécimen à l'autre; elles ne peuvent avoir d'influence sur la spécificité, car elles ne représentent que des modifications dues surtout à l'état de conservation.

Cependant, en 1887, je désignais, sous le nom de *Sp. Gosseleti*, d'après quelques échantillons recueillis dans le Hunsrückien de Saint-Michel, une forme, alliée au *Sp. hystericus*, qui paraît être confinée dans les deux étages inférieurs du Coblenzien, et je me basais sur les caractères différentiels suivants :

(1) La fig. 13 en montre 16 sur un côté de la valve et au moins 20 de l'autre côté.

(2) *Loc. cit.*, p. 82.

Sp. hystericus, suite.

« 1° Un sinus anguleux et non à fond arrondi ou en gouttière comme chez *hystericus*, auct. ;

» 2° Un bourrelet à sommet aplati, divisé longitudinalement, et non arrondi et lisse comme chez *hystericus* ;

» 3° L'area de la grande valve fort élevée ;

» 4° Une striation longitudinale, qui n'a pas été signalée jusqu'ici chez les espèces précitées ;

» 5° Des rapports de dimensions d'une régularité remarquable ;

» 6° Le même nombre de plis d'une façon constante. »

Depuis lors, les recherches faites dans le grès taunusien du sud de Couvin, m'ont mis en mesure d'examiner un plus grand nombre de spécimens de cette petite forme et j'ai pu m'assurer que les différences signalées ci-dessus ne sont qu'apparentes, sauf en ce qui concerne le 2°, division du bourrelet, et le 4°, striation longitudinale de la coquille.

Toutefois, si l'on examine le dessin des petites valves que je figure, on constate que le sillon du bourrelet, nettement exprimé sur certains exemplaires, laisse moins de traces sur d'autres et disparaît même complètement ; d'autre part, les lamelles d'accroissement et la striation longitudinale qui les recouvre se retrouve sous forme de papilles chez le type *hystericus* et il n'est pas impossible que ces stries aient eu, chez ce dernier, des solutions de continuité qui leur auraient donné cet aspect frangé au bord des lamelles d'accroissement.

La coquille reste plus petite que chez les spécimens de petite taille des niveaux supérieurs ; le nombre des plis est également inférieur, il varie de 8 à 10 et un des moules figurés n'en montre même que 6.

Par contre, les incisions du crochet de la grande valve, caractérisant les moules du type *hystericus*, se retrouvent ici et tendent à la réunion des deux formes.

Dans ces conditions, je n'hésiterais pas à faire abandon du nom que j'ai donné en 1887 à ce Spirifère, s'il ne me paraissait utile de les distinguer au point de vue de leur valeur stratigraphique.

La forme *Gosseleti* n'a été trouvée, en effet, que dans le Taunusien et dans le Hunsrückien, mieux représentée dans l'étage inférieur que dans l'autre, où elle semble disparaître ; jamais je ne l'ai rencontrée associée au type à ces niveaux.

Dès que le véritable *hystericus* se montre, la forme à bourrelet divisé n'y est pas davantage associée.

Je pense donc pouvoir, dans ce cas spécial et en présence des affinités incontestables que ces deux formes ont entre elles morphologiquement parlant, faire application, par l'adjonction d'un troisième nom, d'une

Sp. hystericus, suite.

des règles adoptées pour la nomenclature par le Congrès zoologique de 1889 et 1892, (loc. cit., p. 133,) et maintenir une variété sous la dénomination de *Spirifer hystericus-Gosseleti*.

J'ai fait représenter :

Pl. XII.

SPÉCIMENS DE L'ÉTRANGER.

Série I à IX. Figures types pour l'établissement de la synonymie.

SPÉCIMENS BELGES DES COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL DE BRUXELLES.

A. *Spirifer hystericus*, Schlotheim.

- FIG. 11. Moule naturel complet, vu du côté de la petite valve, montrant l'area assez élevée de la grande valve, le fort bourrelet à arête émoussée et 20 plis latéraux. BURNOTIEN. — *Feuille de Rochefort*, n° 8665.
- 11a. Le même, vu du côté de la grande valve, montrant les fortes incisions latérales du crochet et le fond arrondi du sinus.
- 11b. Le même, vu du côté frontal, montrant la languette arrondie et prolongée du sinus.
- 11c. Le même, vu de profil, montrant la convexité des deux valves.
- 12a-c. Moule naturel complet, vu comme le précédent sous quatre faces, ne portant plus que 15-16 plis latéraux. BURNOTIEN. — *Feuille de Grupont*, n° 8700.
- 13. Grande valve, d'après un moule naturel, de forme plus arrondie, montrant les incisions latérales du crochet, un large sinus à fond plus plat et 12 plis latéraux. BURNOTIEN. — *Feuille de Rochefort*, n° 8665.
- 14. Grande valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, ayant conservé l'ornementation de la coquille et portant 16 plis latéraux. BURNOTIEN. — *Feuille de Marche*, n° 8579.
- 15. Grande valve, d'après un moule naturel, montrant de fortes incisions latérales, un large sinus à fond anguleux et 20 plis latéraux. BURNOTIEN. — *Feuille de Rochefort*, n° 8665.
- 16. Fragment de grande valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, ayant conservé l'ornementation de la coquille et portant 18 plis latéraux. BURNOTIEN. — *Feuille de Rochefort*, n° 8665.
- 16a. Partie grossie de l'ornementation, montrant les lamelles d'accroissement avec leur bordure de fines papilles.

B. *Spirifer hystericus-Gosseleti*, Béclard.

- FIG. 1. Grande valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, montrant un sinus à fond anguleux. COBLENZIEN de Saint-Michel.
- 1a. Partie grossie de l'empreinte du test de la même valve, pour montrer les lamelles d'accroissement et la striation longitudinale de la coquille.

Sp. hystericus, suite.

FIG. 1b. Moule interne naturel de la même valve, montrant les incisions latérales du crochet.

- 2. Petite valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, d'un autre individu, montrant le sillon divisant le bourrelet. COBLENZIEEN de Saint-Michel.
- 3. Grande valve, d'après un moule naturel, montrant les incisions latérales du crochet et le fond plus arrondi du sinus. TAUNUSIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8724.
- 3a. Partie grossie d'un fragment conservé du test de la même valve, montrant les stries sous un aspect différant un peu de la fig. 1a.
- 4. Grande valve, d'après un moule naturel, montrant les incisions latérales du crochet et un sinus à fond nettement anguleux TAUNUSIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8724.
- 5 et 6. Petites valves, d'après des moules naturels, d'individus moins adultes, montrant le sillon longitudinal du bourrelet. TAUNUSIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8724.
- 7. Petite valve, d'après un moule naturel, montrant le sillon plus atténué du bourrelet. TAUNUSIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8724.
- 8, 9 et 10. Petites valves, d'après des moules naturels, conservant à peine la trace du sillon du bourrelet. TAUNUSIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8724.

*Le nombre de plis latéraux varie de 8 à 10 sur ces moules ;
un seul n'en présente que 6.*

* * *

Le *Sp. hystericus* traverse, en Belgique, toute la série des couches du Coblenzien ; il est particulièrement commun dans le Burnotien, au-dessus des schistes rouges.

La variété que je désigne sous le nom de *Sp. hystericus-Gosseleti*, apparaît dans le Taunusien et se retrouve encore dans le Hunsrueckien, où elle disparaît pour faire place à la forme type dès l'Ahrrien.

Spirifer subcuspidatus, Schnur.

Spirifer subcuspidatus, Schnur, 1853, *Eifel Brach.*, (*Palaeont.* III), p. 202, pl. 33, figs. 3 a-f; pl. 34, figs. 1 a-d et figs. 1 e-g moules (1).

Espèce créée par Schnur pour une forme provenant du calcaire de Gerolstein, Blankenheim, etc., et qui est représentée à l'état de moules internes dans la grauwaacke de Daleiden, de Waxweiler et d'autres localités.

“ Elle est caractérisée par l'area très élevée de la grande valve, dont le bord cardinal occupe la plus grande largeur de la coquille; le sinus est à fond arrondi et peu profond; le bourrelet, également arrondi, à crête aplatie et un peu déprimée; 12 à 20 plis latéraux simples, arrondis, couverts de fines lamelles concentriques imbriquées, couvrent les côtés. ”

L'auteur introduit dans la synonymie *Delthyris microptera*, Goldf. et *Hysterolites hystericus*, Schloth; il attribue à cette dernière espèce les moules de la grauwaacke qu'il a fait représenter pl. 34, fig. 1 e-g, et qui montrent, outre l'area élevée de la grande valve, les incisions produites par les supports dentaires de chaque côté du crochet.

Pourquoi, dès lors, s'il en était ainsi, leur substituer un autre nom et ranger dans la synonymie de son *Sp. subcuspidatus* une espèce établie et qui a la priorité?

Mais le **Sp. subcuspidatus** se distingue surtout du **Sp. hystericus**, par la forme pyramidale de la grande valve et par la grande area triangulaire élevée qui en est la conséquence; les incisions latérales du crochet, étant communes non seulement aux deux formes mais encore à d'autres *Spirifères*, ne peuvent constituer un caractère de spécificité.

Je reproduis ici, pl. XV, figs. 1 a-e, les figs. 1 e-g de Schnur, pour comparaison avec les autres moules, figurés sur la même planche, du *Sp. subcuspidatus* du Coblenzien belge.

Les figs 1 a, b, c, d, pl. 34, du calcaire de Blankenheim, semblent représenter le *Sp. mediotextus* des couches à Stringocéphales. Nous aurons à y revenir en étudiant les formes du Devonien moyen.

Spirifera cuspidata, Steininger, 1853, *Geogn. Besch. d. Eifel*, p. 70, pl. 7, figs. 5 et 6.

L'auteur décrit et figure sous ce nom une forme assez commune dans le calcaire de l'Eifel, qui répond bien au *Sp. subcuspidatus* de Schnur.

(1) Les figures e, f, g sont reproduites pl. XV, figs. 1 a, b, c.

Sp. subcuspidatus, suite.

Il fait au surplus la même observation que son prédécesseur en ce qui concerne les moules, fissurés au crochet, que l'on trouve dans la grauwacke de Daleiden, mais qu'il compare au *Sp. ostiolatus*, au lieu de le faire avec le *Sp. hystericus*.

Il augmente la confusion en utilisant un nom employé déjà par Sowerby, de Koninck et d'autres auteurs pour distinguer la forme, essentiellement différente, *Syringothyris cuspidatus* du Calcaire carbonifère.

Il est encore à noter que la description faite par Steininger ne correspond pas à ses dessins, notamment en ce qui concerne le nombre de plis latéraux : au lieu de 8 à 10 plis qu'il signale, les figures 5 a et 5 b en montrent 14-16.

Spirifera subcuspidata, Davidson, 1864, *Brit. Devon. Brach.*, p. 33, pl. 8, figs. 14 et 15.

L'auteur rapporte à l'espèce de Schnur des formes du Devonien de Hope's Nose, près de Torquay et de Woolborough.

Il fait remarquer, avec de Koninck et Bouchard, que la coquille de Schnur est spécifiquement distincte de l'*Hysterolites hystericus* de Schlothheim, et il s'étonne que Schnur, mentionnant comme synonymes de son espèce *Delthyris microptera*, Goldf. et *Hysterolites hystericus*, Schloth., n'ait pas dès lors adopté une de ces deux désignations qui avaient la priorité, au lieu de proposer un nouveau nom.

Spirifer subcuspidatus, Quenstedt, 1871, *Petref. Deutschl. Brach.*, p. 485, pl. 52, figs. 52 à 55.

L'auteur figure des spécimens à area très élevée provenant du calcaire de l'Eifel et de la grauwacke de Laubach et de Bilstein.

Il n'ajoute pas autre chose, comme c'est généralement le cas dans le texte du *Petrefactenkunde*, à la connaissance de l'espèce.

Spirifer subcuspidatus, Kayser, 1871, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.* XXIII, p. 572.

M. Kayser donne une bonne description de l'espèce. Il range dans la synonymie le *Sp. cuspidatus* de Steininger. Il admet comme représentant bien le *Sp. subcuspidatus*, les fig. 3 a-f, pl. 33, de Schnur. Par contre, la grande forme figurée planche 34, fig. 1 a-d, qui a des analogies avec le *Sp. mediotextus* Arch. et Vern. du calcaire à Stringocéphales, ne lui paraît pas suffisamment caractérisée pour pouvoir asseoir son opinion.

Il introduit dans la nomenclature une var. *alata*, dont il est question ci-après.

M. Kayser rappelle que le *Sp. subcuspidatus* se trouve dans la zone à *Sp. cultri-*

Sp. subcuspidatus, suite.

jugatus et dans les couches à calcéoles de l'Eifel et de la Belgique et paraît exister dans le facies schisteux de la grauwacke du Devonien inférieur rhénan.

Spirifer subcuspidatus, Schnur, var. **alata**, Kayser.

1871. Kayser, *Loc. cit.*, p. 573.

Cette variété, qui resterait confinée dans la zone à *Sp. cultrijugatus* de l'Eifel et du sud de la Belgique, " serait plus aliforme, à plis latéraux beaucoup plus tranchants, avec le bourrelet aplati au-dessus et portant un sillon médian plus accentué. "

Ce serait une forme intermédiaire entre le *Sp. subcuspidatus* et le *Sp. elegans* dont elle diffère toutefois par son area élevée. Cette variété est admise par MM. Follmann et Frech.

Spirifer subcuspidatus, Gosselet, 1880, *Esquisse géol. du Nord de la France* I, p. 85 et 86, pl. II, fig. 20.

Espèce figurée parmi les fossiles du Coblenzien et citée aussi dans l'Eifelien.

Spirifer subcuspidatus, Follmann, 1882. *Unterdevon. Schichten v. Olkenbach*, p. 42.

Cite la forme type dans les Plattensandsteinen des couches d'Olkenbach, et la var. *alata* dans les schistes inférieurs à cet horizon.

Spirifer subcuspidatus, Beushausen, 1884, *Oberharz. Spiriferensandst.*, (Abhandl. k. preuss. geol. Landes., VI), p. 120, pl. 6, figs. 23, 24.

L'auteur rapporte à cette espèce une série de moules provenant de Bocksberge et de Rammelsberge, " très semblables au **Sp. hystericus**, mais qui s'en distinguent par l'area plus élevée, se recourbant en raison de l'âge; le bourrelet plus étroit, arrondi, aplati sur le dos et les incisions dentaires différentes. "

Le même auteur fait encore remarquer que Schnur, qui décrit le *Sp. hystericus* comme étant le *Sp. carinatus*, identifie aussi des moules de *Sp. subcuspidatus* avec le *Sp. hystericus*, d'où nouvelle confusion.

Spirifer subcuspidatus, Riemann, 1885. *Fauna d. kalke des Taubensteins bei Wetzlar* (N. Jahrb. für Min. III, Beil. Band.), p. 151.

Cite simplement cette forme en rappelant son extension verticale, depuis la grauwacke du Devonien inférieur rhénan jusque dans les couches à Calcéoles et même au delà.

Sp. subcuspidatus, suite.

A accepter sous réserves. En Belgique on ne rencontre plus le *Sp. subcuspidatus* au-dessus du Burnotien.

Spirifer subcuspidatus, Gosselet, 1886, *Tableau de la faune coblenzienne*. (Ann. Soc. géol. du Nord. XIII), p. 298.

Cité par l'auteur dans le niveau inférieur de la grauwacke de Hierges.

Spirifer subcuspidatus, Wenjukoff, 1886. *Fauna devon. syst. in N.-W. und Central Russland*, p. 87, pl. 4, fig. 6.

L'auteur décrit et figure une petite forme du Devonien de Gostinopol, qu'il assimile à l'espèce de Schnur.

Spirifer subcuspidatus, Maurer, 1886, *Fauna d. rechtsrhein. Unterdevon*, pp. 23, 27, etc.

Cite cette espèce parmi les Spirifères de la rive droite du Rhin, " ayant de fortes plaques dentaires laissant de profondes incisions sur le moule de la coquille. "

Spirifer subcuspidatus, Gosselet, 1888. *L'Ardenne*, pp. 374 et 403.

Cité par l'auteur dans ses listes de fossiles de la grauwacke de Hierges et de l'Eifelien.

Spirifer subcuspidatus, var. *alata*, Kayser, 1889, *Die Fauna d. Hauptquartz. u. d. Zorger schiefer d. Unterharzes.*, (Abhandl. k. preuss. geol. Landes.,) pp. 26 et 75, pl. 1, figs. 7, 8, 9, 10.

L'auteur confirme la création de cette variété et la figure d'après des échantillons de Astberge et de Klostergrunde, près de Michaelstein.

Spirifer subcuspidatus, F. Sandberger, *Devon. Syst. in Nassau*, pp. 39, 47, 49.

Cité dans les grès à Spirifères, etc.

Spirifera subcuspidata, Whidborne, 1893, *Devon. Fauna South of England*, vol. II, part. III, p. 104.

Cite, avec doute, comme appartenant à cette espèce, une forme devonienne de Newton-Abbot (Davidson) et de Wolborough.

Sp. subcuspidatus, suite.

* *

M. Frech a fait connaître aussi, sous le nom de *Mischkei* (1), un Spirifère qui se rapprocherait du *Sp. subcuspidatus*, mais qui est imparfaitement fixé.

Je le signale dans le Catalogue synonymique et critique qui fait suite au présent Mémoire.

* *

A part les erreurs d'assimilation commises par l'auteur même qui a nommé l'espèce, et la contravention à la loi de priorité qui en eût été la conséquence si l'autonomie du *Sp. subcuspidatus* n'avait été reconnue, la morphologie de cette forme n'a pas donné lieu à discussion.

Je pense, avec M. Kayser, que la coquille de l'Eifel à laquelle Steininger a donné le nom de *Sp. cuspidata* n'est autre que l'espèce de Schnur et doit prendre place dans la synonymie.

Les collections du Musée de Bruxelles possèdent de très nombreux exemplaires du *Sp. subcuspidatus*.

J'ai examiné, parmi les mieux conservés :

36 valves à sinus,
53 valves à bourrelet,
23 moules.

Ils m'ont mis en mesure d'en donner la diagnose suivante :

coquille de taille moyenne, de forme pyramidale quand elle est vue du côté de la grande valve, semi-circulaire lorsqu'on n'a devant soi que la petite valve ;

sinus large, non plissé, à fond arrondi, peu profond, parfois prolongé et relevant alors assez sensiblement au front, le bord palléal ;

area de la grande valve triangulaire, plane, prenant, à la base, toute la largeur de la charnière ; très élevée, pointue au sommet, ornée de stries fines entrecroisées verticalement et transversalement ;

ouverture deltoïdienne de même forme, assez large, bien délimitée ;

crochet droit ou légèrement infléchi vers la charnière, l'area prenant alors une disposition faiblement concave ;

(1) 1887. Abhandl. geol. spec. karte v. Preussen, Bd. VIII, heft. 4, p. 34, pl. 3, figs. 1 a-c.

Sp. subcuspidatus, suite.

petite valve peu convexe, à bourrelet large, non plissé, peu saillant, faiblement arrondi ;

area de la même valve linéaire ;

plis latéraux simples, arrondis ou plus anguleux suivant l'état de compression latérale, dont le nombre varie de 12 à 24 (1) ;

test couvert de fines lamelles d'accroissement serrées, imbriquées, formant d'élégantes ondulations traversant toute la coquille (voir pl. XV) ;

moules de la grande valve montrant, comme chez le *Sp. hystericus*, le crochet limité de chaque côté par une profonde incision ;

bourrelet de la petite valve portant une fissure longitudinale descendant jusque vers le milieu de sa longueur.

La variété *alata*, de M. Kayser, se distinguerait du type, d'après l'auteur :

« 1° par l'extension des parties latérales en forme d'ailes ;

» 2° par des plis latéraux beaucoup plus tranchants ;

» 3° par le bourrelet aplati au-dessus et portant une incision longitudinale plus accentuée ;

» 4° en outre, elle serait limitée à la zone à *Sp. cultrijugatus* de l'Eifel et du sud de la Belgique. »

Parmi les nombreux spécimens que j'ai sous les yeux, il y a une infinité de variations dans un même caractère :

forme plus ou moins étendue transversalement, à area élevée ou surbaissée ;

plis latéraux arrondis ou plus ou moins anguleux ;

bourrelet fissuré, plat ou plus convexe ;

tous provenant du même horizon stratigraphique.

Ici encore l'état de conservation manifeste son influence et la var. *alata*, qui ne peut être distinguée soit zoologiquement, soit stratigraphiquement dans nos terrains, en est une démonstration évidente.

Il m'a paru intéressant de continuer les observations sur la variation du nombre de plis. 89 valves m'ont permis de relever les chiffres suivants :

(1) Ces chiffres expriment le nombre de plis existant de chaque côté du sinus ou du bourrelet, ils sont donc à doubler pour la valve complète.

Sp. subcuspidatus, suite.

13	portant	12-14	plis	= 14.5 %
21	—	14-16	—	} = 78.5 %
28	—	16-18	—	
21	—	18-20	—	
3	—	20-22	—	} = 7 %
3	—	22-24	—	

Il en résulte que nous arrivons à peu près aux mêmes proportions que chez le *Sp. hystericus* : le nombre des plis latéraux varie également du simple au double et la forme normale du *Sp. subcuspidatus*, en Belgique, possède 14-20 de ces plis.

La caractéristique du *Sp. subcuspidatus* réside exclusivement, d'après mes recherches, dans la forme pyramidale élevée de la grande valve et dans la grande area triangulaire qu'elle provoque, par le fait, sur la face opposée ; elle diffère, en cela seulement, du *Sp. hystericus*.

J'ai fait représenter :

Pl. XV.

SPÉCIMENS DE L'ÉTRANGER.

FIG. 1. Reproduction du moule interne figuré par Schnur.

SPÉCIMENS BELGES DES COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL DE BRUXELLES

FIG. 1. Petite valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, montrant un bourrelet bien arrondi, très large au front, des côtés latéraux assez convexes et 18 à 20 plis. AHRIEN. — *Feuille de Grupont*, n° 8542 bis.

- 1a. Moule interne naturel, de la même valve, ne montrant plus que 13 plis latéraux.
- 2. Grande valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, portant 16-17 plis latéraux. BURNOTIEN. — *Feuille de Rochefort*, n° 8650.
- 2a. Moule interne naturel de la même valve, montrant les incisions latérales du crochet.
- 3. Moule interne naturel, vu du côté du sinus, montrant un sinus profond, à languette prolongée et les incisions latérales du crochet. BURNOTIEN. — *Feuille de Rochefort*, n° 8666.
- 3a. Le même, vu du côté de l'area, montrant la forme triangulaire, plane et très élevée de celle-ci.
- 3b. Le même, vu de profil.
- 4. Grande valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, montrant un profond sinus et 20-22 plis latéraux. BURNOTIEN. — *Feuille de Grupont*, n° 8700.

Sp. subcuspidatus, suite.

- FIG. 4a. La même, au double de sa grandeur, pour mieux montrer la disposition des lamelles d'accroissement et l'ornementation de la coquille.
- 4b. Ornementation grossie quatre fois.
- 5. Petite valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, montrant un bourrelet bien arrondi, plus saillant que celui de la fig. 1. BURNOTIEN. — *Feuille de Rochefort*, n° 8679.
- 5a. La même, au quadruple de sa grandeur.
- 5b. Ornementation grossie quatre fois.
- 6. Silhouette d'un moule interne naturel, vu du côté du sinus et montrant le prolongement de celui-ci. BURNOTIEN. — *Feuille de Rochefort*, n° 8666.
- 6a. Le même moule, vu du côté de l'area, comme la fig. 3a.

*
* * *

Le *Sp. subcuspidatus* apparaît, en Belgique, dans le Hunsruckien où il est assez peu représenté; il s'accroît en nombre dans l'Ahrien et devient très commun dans le Burnotien; il ne se rencontre plus au-dessus des couches à *Sp. cultrijugatus*.

On le trouve en abondance à la base du Burnotien dans la zone des schistes rouges à *Sp. subcuspidatus*, de M. Dupont.

Spirifer arduennensis, Schnur.

Spirifer arduennensis, Schnur, 1853, *Eifel Brach.*, (Palæont. III, 1854) p. 199, pl. 32, figs. 3 a-e; (non pl. 32^b, figs. 2 a d).

Schnur crée l'espèce pour des moules de la grauwaacke de l'Eifel " très semblables, dit-il, au **Sp. paradoxus**, mais cette nouvelle forme est plus petite et plus grêle, pas tout à fait deux fois aussi large que longue; le bourrelet, aussi large que les 2-3 plis latéraux contigus, divisé sur la moitié supérieure de sa longueur par une fissure linéaire; 7-10 plis latéraux; les ailes parfois échancrées aux bords latéraux et les extrémités pointues ordinairement brisées.

„ Quand la coquille est bien conservée, elle est très bombée dans le milieu; le crochet de la grande valve est fortement enflé et surplombe l'area en se recourbant même jusqu'à la rencontre de la valve opposée. Le test est couvert de lamelles d'accroissement garnies de fines papilles. „

Je ferai remarquer que les figures réunies sous le nom de *Sp. arduennensis* par Schnur sont essentiellement différentes: les cinq figures de sa planche XXXII appartiennent seules à cette espèce. Les quatre figures de sa planche XXXII^b, avec 14-16 plis latéraux, représentent bien le *Sp. paradoxus*, peut-être le jeune âge (1).

C'est ce que M. Kayser a d'ailleurs fait remarquer, avec raison, en 1889, in *Sp. paradoxus*. " Cette forme transverso-triangulaire, dit-il, est celle du **Sp. paradoxus** et non la forme plus bombée, plus arrondie du véritable **arduennensis**; le nombre supérieur des plis latéraux, la largeur du sinus et du bourrelet, le développement de la protubérance musculaire l'écartent absolument de cette dernière espèce et confirment son association au **Sp. paradoxus**. „

Nous n'admettons donc, comme seules figures de l'espèce *arduennensis*, que celles de la pl. XXXII.

Spirifera antiqua, Steininger, 1853, *Geogn. Besch. d. Eifel*, p. 73.

L'auteur décrit sous ce nouveau nom des moules d'un petit *Spirifère* abondant dans la grauwaacke de Prüm et de Daleiden.

M. Kayser, 1889, pense que cette forme est bien le *Sp. arduennensis*.

(1) Les figures 2 a-b ont été reproduites ici avec le *Sp. paradoxus*, pl. XIV, figs. III a-b.

Sp. arduennensis, suite.

Spirifer arduennensis, Gosselet, 1860, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XVIII, p. 30.

Cité dans les couches à Ptérinées de l'étage du Poudingue de Burnot, vers Masbourg.

Spirifer arduennensis, Quenstedt, 1871, *Petref. Deutschl. Brach.*, p. 482, pl. 53, fig. 40.

L'auteur figure, sous ce nom, un petit moule provenant de la grauwaacke de l'Eifel, en faisant remarquer que la protubérance à l'emplacement du crochet est disproportionnée; il constate seulement 5 plis latéraux et une trace d'échancrure sur le bourrelet.

“ C'est l'image en miniature, dit-il, d'une grande coquille de la grauwaacke de Siegen, à laquelle on peut donner le nom de *Sp. paradoxoïdes*, qui lui convient. „

Nous avons vu (p. 138) que l'espèce *paradoxoïdes* de Quenstedt n'est pas établie; l'auteur n'ajoute donc rien à la connaissance du *Sp. arduennensis*.

Spirifer arduennensis, Kayser, 1871, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.*, XXIII, p. 316.

Le cite comme forme locale du *Sp. paradoxus*, dans la région de Waxweiler et de Daleiden, dans les couches de passage de l'Ahrrien à la partie supérieure de la grauwaacke de l'Eifel ou couches de Vicht.

Spirifer arduennensis, de Koninck, 1876, *Foss. gedinniens* (Ann. Soc. géol. de Belg., III), p. 43.

L'auteur rappelle la structure interne à laquelle est due la forme spéciale et bossue des moules intérieurs du *Sp. paradoxus*, qui se rencontrent fréquemment dans certaines assises du terrain rhénan et que Schnur a figurées sous le nom de *Sp. arduennensis*.

de Koninck confond évidemment les deux formes.

Spirifer arduennensis, Barrois, 1877, *Ann. Soc. géol. du Nord*, IV, p. 76.

L'auteur a recueilli dans le Devonien de la rade de Brest, à Lanveoc, des moules internes semblables à ceux du Rhin et de l'Ardenne “ caractérisés par leur forme bossue. „

Il rappelle que de Koninck réunit ces moules au *Sp. paradoxus*, mais, ajoute-t-il, ils en seraient, en tous cas, une variété bien divergente.

Sp. arduennensis, suite.

Spirifer arduennensis, Gosselet, 1880, *Esquisse géol. du Nord de la France*, I, pl. 2, fig. 25.

Figuré parmi les fossiles caractéristiques du Coblenzien.

Spirifer arduennensis, Barrois, 1882, in **Sp. elegans**, *Asturies*, p. 248, pl. IX, fig. 10.

L'auteur signale la ressemblance de la figure qu'il attribue au *Sp. elegans*, Stein, avec celle des moules intérieurs décrits par Schnur sous le nom *Sp. arduennensis*, ressemblance, dit M. Barrois, qui rend bien probable l'identité de ces espèces.

Nous aurons à reprendre cette remarque quand nous nous occuperons du *Sp. elegans*, forme appartenant au Devonien moyen.

Spirifer arduennensis, Gosselet, 1886, *Tableau de la faune coblenzienne* (Ann. Soc. géol. du Nord, XIII), p. 292.

L'auteur cite le *Sp. arduennensis* dans la grauwaacke de Montigny (1) et dans la zone inférieure de la grauwaacke de Hierges.

Spirifer arduennensis, Gosselet, 1888, *L'Ardenne*, p. 373.

L'auteur cite cette espèce comme caractérisant, par son abondance, la zone inférieure de la grauwaacke de Hierges.

Spirifer arduennensis, Kayser, 1889, *Die Fauna d. Hauptquartz. u. d. Zorger schiefer d. Unterharzes* (Abhandl. k. preuss. geol. Landes.), pp. 33, 76, 99, pl. 2, figs. 1-4; pl. IX, fig. 3, pl. XII, fig. 5; pl. XVI, figs. 1-9.

L'auteur donne de nombreuses figures qui concordent avec les figures 3, pl. 32 de Schnur. Il rappelle les caractères de l'espèce et confirme l'autonomie de cette forme.

M. Kayser est porté à réunir au *Sp. arduennensis* une petite forme de la grauwaacke de Prüm, portant 5-7 plis latéraux, décrite par Steininger sous le nom de *Sp. antiqua*.

* * *

Le *Sp. arduennensis*, espèce créée par Schnur, en 1853, pour des moules provenant de la grauwaacke de l'Eifel, n'a guère donné lieu à confusion. Il n'a été question dans la bibliographie que de ses affinités avec le *Sp. paradoxus*. Une seule forme, recueillie également, à l'état de moules internes, dans les mêmes couches de l'Eifel, a reçu, la même année, de Steininger, le nom de *Sp. antiqua*, qui serait synonyme.

(1) Nous ne l'avons pas rencontré aussi bas en Belgique.

Sp. arduennensis, suite.

Le Musée de Bruxelles possède de nombreux spécimens du *Sp. arduennensis*, presque tous à l'état de moules internes et d'empreintes; j'ai pu en examiner 66 exemplaires et établir la diagnose suivante :

Forme transverse comme le *Sp. paradoxus* mais de beaucoup plus petite taille et moins étendue transversalement proportionnellement à sa longueur : le rapport est en général 2 : 1, la plus grande largeur étant toujours exprimée par la charnière; ailes fortement échancrées aux bords latéraux et s'amincissant, par le fait, en forme d'éperon; ces pointes sont fréquemment brisées;

grande valve fortement bombée, particulièrement dans la région du crochet qui surplombe et se recourbe sur l'area;

area se distinguant difficilement, les bords cardinaux des deux valves étant le plus souvent en contact;

sinus large, bien accusé, non plissé, à fond arrondi;

petite valve beaucoup moins convexe que la grande, à bourrelet arrondi ou avec des variantes plus ou moins anguleuses selon l'état de compression;

plis latéraux simples, grossiers, arrondis, dont le nombre varie de 8 à 10, jamais plus, les deux derniers étant à peine exprimés;

test couvert de fines stries d'accroissement concentriques, ondulées, très rapprochées;

moules de la grande valve présentant, comme chez le *Sp. paradoxus*, une forte protubérance musculaire, ovulaire, tronquée à la base, faisant saillie sur le plan de la valve et dépassant le bord cardinal, déprimée au milieu et couverte d'une fine striation verticale ou rayonnante;

fine granulation sur les parties du moule avoisinant le crochet;

bourrelet présentant au sommet une incision linéaire se prolongeant jusqu'au milieu de sa longueur et même au delà;

plis latéraux au nombre de 6-7 seulement sur les moules.

Aucune empreinte du test ne m'a mis en mesure de constater avec certitude la présence des rangées de fines papilles qui, d'après Schnur, bordent les lamelles d'accroissement sur la coquille.

En résumé, toutes proportions gardées quant à la taille, le *Sp. arduennensis* a de grandes analogies avec le *Sp. paradoxus*, mais il en est spécifiquement distinct par trois caractères essentiels, à savoir :

a) l'absence du pli du sinus, qui existe toujours et dès le jeune âge chez le *Sp. paradoxus*;

b) la forme bossue de la grande valve;

c) la constance du nombre de plis latéraux ne dépassant jamais la moitié de ceux du *Sp. paradoxus*.

Sp. arduennensis, suite.

Les degrés de variation tels que : bourrelet, sinus, protubérance musculaire plus faibles, cités par certains auteurs pour le différencier du *Sp. paradoxus*, sont proportionnés à la taille du *Sp. arduennensis* et ne peuvent avoir de valeur spécifique.

J'ai fait représenter :

Pl. XII

SPÉCIMENS BELGES DES COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL DE BRUXELLES

- FIG. 1. Moule interne naturel de grande valve, montrant nettement la protubérance musculaire, six plis latéraux, l'extrémité de l'aile gauche brisée et celle de l'aile droite avec la pointe conservée. BURNOTIEN. — *Feuille de Olloy*, n° 8369.
- 2. Moule interne naturel de grande valve, montrant aussi nettement la protubérance musculaire, les fines granulations qui l'entourent, 6-7 plis latéraux et les extrémités des ailes bien allongées en forme de pointes. BURNOTIEN. — *Feuille de Rochefort*, n° 8649.
- 2a. La même valve d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, montrant 7-8 plis latéraux.
- 3. Moule interne naturel de grande valve, montrant six plis latéraux et des ailes moins allongées. BURNOTIEN. — *Feuille de Grupont*, n° 8686.
- 3a. La même valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, montrant huit plis latéraux.
- 4. Petite valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, montrant 8-9 plis latéraux devenus plus minces et plus anguleux par compression, ornée de fines stries concentriques ondulées, très serrées. BURNOTIEN. — *Feuille de Rochefort*, n° 8649.
- 5. Moule interne naturel d'une petite valve aplatie, montrant 8-9 plis latéraux, des ailes moins échancrées et le bourrelet fissuré. BURNOTIEN. — *Feuille de Marche*, n° 8536.
- 6. Moule interne naturel d'une grande valve, montrant nettement la protubérance musculaire, les fines granulations qui l'entourent, une forme plus trapue et 6-7 plis latéraux. BURNOTIEN. — *Feuille de Grupont*, n° 8663.
- 7. Moule interne naturel d'une grande valve de plus petite taille, montrant les mêmes caractères que la précédente. BURNOTIEN. — *Feuille de Rochefort*, n° 8665.

* * *

Le *Sp. arduennensis* a été rencontré en Belgique à partir de l'Ahrien où il est rare; il est particulièrement abondant dans le Burnotien, immédiatement au-dessus des schistes rouges, dans des couches à *Ptélinées* que M. Dupont a distinguées, dans la légende de la Carte géologique, sous la notation *Bto* et qui sont l'équivalent de la zone à *Sp. arduennensis* de la grauwacke de Hierges de M. Gosselet.

Spirifer cultrijugatus, C.-F. Roemer.

Spirifer cultrijugatus, C.-F. Roemer, 1844, *Rhein. Ueberg.*, p. 70, pl. 4, fig. 4 a, b, c (1).

Créé par Roemer pour une " *forme de grande taille, gibbeuse, modérément ailée, dont le caractère essentiel est une élévation tranchante au milieu de la valve ventrale; sinus profond, sans plis et très fortement relevé au bord frontal; 12-15 plis latéraux non tranchants et peu sail-lants.* „

Cette forme se rencontre à l'état parfait dans le Calcaire de l'Eifel et les moules sont abondamment répandus dans la grauwaacke ancienne de Braubach, Ems, etc.

Spirifer cultrijugatus, de Verneuil, 1847, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, IV, p. 701.

Ni description ni figure. Cité dans trois étages différents du Devonien des États-Unis : Grès d'Oriskany (avec doute), Calcaire cornifère et Groupe d'Hamilton.

Pour la première fois il est fait mention de quelques traces de dichotomie dans les plis latéraux et de Verneuil indique déjà, mais avec doute, l'espèce américaine *Delthyris prora*, Conrad, comme synonyme.

Spirifer cultrijugatus, G. Sandberger, 1847, *Grauw. Verst. v. Coblenz*, (Verhandl. Naturh. Ver. Rheinl. u. Westph., V), p. 102.

Cité dans la grauwaacke.

Spirifer cultrijugatus, Geinitz, 1848, *Verstein. Deutsch. Zechsteingeb.*, pl. 5, fig. 9 a.

Figure un moule provenant de la grauwaacke supérieure des bords de l'Ohio.

Spirifer cultrijugatus, de Verneuil, 1850, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VII, p. 781.

Ni description ni figure. Cité dans un tableau des fossiles du terrain devonien du département de la Sarthe.

(1) Reproduites ici pl. XIII, fig. 1 a, b, c.

Sp. cultrijugatus, suite.

Spirifer acuminatus, d'Orbigny, 1850, *Prodr. de paléont. strat.*, I, p. 98, n° 986.

Référence au *Delthyris acuminata* (= *Sp. cultrijugatus*), Hall, 1843, *Nat. Hist. of New-York*, n° 64, fig. 5. États-Unis, New-York, Ithaca.

Spirifer cultrijugatus, F.-A. Roemer, 1852, *Beitr. Harz.*, II (Palæontogr. Bd. III, 1854), p. 99, pl. 15, fig. 7.

Ce serait le *Sp. Decheni*, Kayser (voir ici, p. 139).

L'échantillon décrit et figuré par Roemer est cité d'ailleurs comme provenant du calcaire silurien de Wieda (1) où le *Sp. cultrijugatus* ne saurait être rencontré, son niveau géologique étant beaucoup plus haut et bien fixé.

Spirifer cultrijugatus, Schnur, 1853, *Eifel Brach.*, (Palæont. III, 1854), p. 200, pl. 33, figs. 1 a-d.

L'auteur décrit ce Spirifère et en donne une bonne figure d'après un spécimen de l'horizon inférieur du calcaire de Prüm. Il fait mention d'une dichotomie des côtes latérales dans le voisinage du sinus, mais qui n'est pas toujours apparente.

En 1851 (Progr. p. 9) il mentionnait que ce Spirifère se rencontre dans les bancs inférieurs du calcaire et à la partie supérieure de la grauwacke sous-jacente.

Spirifera acuminata, Steininger, 1853, *Geogn. Besch. d. Eifel*, p. 70.

Nom donné par l'auteur à une forme du calcaire de Gérolstein différente de l'espèce américaine.

A supprimer pour double emploi et comme espèce d'ailleurs insuffisamment fixée.

Spirifer auriculatus, G. et F. Sandberger, 1850-56, *Verst. Rhein. Schichtensyst. in Nassau*, p. 315, pl. 32, figs. 4, a, b.

Nouvelle espèce créée par les frères Sandberger sur des moules de la grauwacke du Nassau, du Rhin, etc (2), ayant comme caractères principaux : " *sinus assez profond et lisse, bourrelet anguleux à crête arrondie; oreillettes cardi-*

(1) Ces couches sont rangées aujourd'hui à la base du Devonien inférieur du Harz (*Hercynien* de M. Kayser), ce que confirmerait ici la présence du *Sp. primævus* dans ces dépôts.

(2) Figures 4 et 4a reproduites ici pl. XIII, fig. V.

Sp. cultrijugatus, suite.

nales placées à angle droit; 12-17 plis latéraux devenant bifides dans le voisinage du bord latéral; la plus grande largeur se trouvant vers le milieu de la longueur de la coquille. „

Spirifer cultrijugatus, Gosselet, 1860, *Terr. prim. de la Belgique*, p. 150. — Ibid., *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XVIII, pp. 20, 23 et 30.

Cité dans une liste des principaux fossiles de l'assise inférieure de l'étage des schistes à *Calcéoles*.

Spirifer cultrijugatus, Cailliaud, 1861, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XVIII, p. 332.

Cité dans le Devonien de la Loire-Inférieure.

Spirifera cultrijugata, Davidson, 1864, *Brit. Devon. Brach.*, p. 35, pl. 8, figs. 1, 2, 3. — Ibid. Suppl^t, 1882, p. 34.

La figure 3, représentant un moule interne avec une très forte protubérance d'empreinte musculaire, semblable à celle du *Sp. primævus*, et 6-8 grosses côtes latérales, doit être réunie à cette dernière espèce. (Voir ici, p. 138.) Les figures 1 et 2, d'accord du reste avec ce qu'en dit Davidson, sont à écarter, l'incertitude étant trop manifeste pour oser les maintenir dans la nomenclature sous ce nom.

Spirifer cultrijugatus, Gosselet, 1864, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XXI, p. 305.

Cité dans l'assise inférieure de l'étage des schistes à *Calcéoles* vers Hierges.

Spirifer acuminatus, Conrad in J. Hall, 1862-66, *Palæont. of New-York*, IV, part. 1, pp. 198 et 234, pl. 29, figs. 10-13 etc., et pl. 35, figs. 24 et 25.

C'est la forme américaine du *Spirifer cultrijugatus* de l'Europe (1).

La comparaison des figures pl. XIII, établit suffisamment cette identité. Seule, la bifidité plus accentuée des côtes latérales pourrait prêter à

(1) Les figures 10, 12 et 13 ont été reproduites ici pl. XIII, fig. II a, b, c. Je renvoie au grand travail de J. Hall pour la synonymie de la forme américaine, qui comprend notamment le *Delthyris prora*, Conrad, cité déjà, en 1847, par de Verneuil, comme synonyme.

Sp. cultrijugatus, suite.

discussion, mais, comme l'auteur le remarque d'ailleurs, elle peut provenir de l'influence de milieux ou encore être le résultat d'un état de conservation.

Les nombreux spécimens belges que j'ai eu en mains, présentent presque tous cette division des côtes, avec plus ou moins d'accentuation; le fragment de valve représenté ici pl. XIII, fig. 6, offre un cas de bifidité plus net même que dans la forme américaine.

Le *Sp. acuminatus* se trouve, en Amérique, dans le Calcaire cornifère (Upper Helderberg group), l'équivalent de l'horizon européen à *Sp. cultrijugatus*. Il est signalé aussi plus haut, dans l'étage de Hamilton.

Spirifer cultrijugatus, Kayser, 1871, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.*, XXIII, p. 289.

Cité dans diverses listes locales.

Spirifer cultrijugatus, Kayser, 1871, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.*, XXIII, p. 562.

L'auteur décrit cette forme caractérisant, dans l'Eifel et en Belgique, la zone à *Sp. cultrijugatus*.

Il réunit à cette espèce le *Sp. auriculatus* des frères Sandberger, créé pour une forme de la grauwacke et qui ne s'en écarte, dit-il, que par quelques différences zoologiques, notamment " *par la forme plus étroite de la coquille, sa plus grande largeur dans le milieu, l'absence d'un bord cardinal droit, les oreillettes à angle droit et le bourrelet arrondi et non anguleux.* „

Mais comme, dans le calcaire de l'Eifel, on rencontre aussi des exemplaires dont la plus grande largeur se trouve au milieu, M. Kayser " *considère comme inutile la séparation faite par les frères Sandberger entre les formes du calcaire et celles de la grauwacke.* „

Ainsi qu'on le verra plus loin, 1889, M. Kayser n'a pas maintenu cette première manière de voir.

Spirifer carinatus, Steininger sp. in Kayser, 1871, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.*, XXIII, p. 562.

L'auteur introduit avec doute, dans la synonymie du *Sp. cultrijugatus*, Roemer, cette espèce fictive de Steininger. (Voir ici p. 150.)

Sp. cultrijugatus, suite.

Spirifer primævus, Steininger sp. in Kayser, 1871, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.*, XXIII, p. 562.

L'auteur introduit dans la synonymie du *Sp. cultrijugatus*, Roemer, le *Sp. primævus*, Steininger, en renvoyant à la pl. VIII, figs. 1-3, de ce dernier auteur.

D'abord cette référence est inexacte par suite, probablement, d'une erreur typographique :

la figure 1 représente *Orthis ausavensis*, Stein.

" " 2 " *Spirifera eifliensis*, "

" " 3 " *Orthoceratites gerolsteinensis*, "

Mais, sous le nom de *Spirifera primæva*, Steininger reproduit, en effet, pl. VI, fig. 1, la figure d'une empreinte de valve d'un grand Spirifère de la grauwaacke de Herdorf. Ce nom a été conservé, comme nous l'avons vu en commençant (p. 137), pour une forme très abondante du Coblenzien inférieur et particulièrement répandue et caractéristique dans le Taunusien.

M. Kayser a d'ailleurs reconnu depuis lors l'autonomie du *Sp. primævus* (voir ici, p. 139).

Spirifer (auriculatus) cultrijugatus, Quenstedt, 1871, *Petref. Deutschl. Bruch.*, p. 476, pl. 52, figs. 19, 20 et 21.

L'auteur signale dans son texte, sous le nom d'*auriculatus*, des moules de la grauwaacke qui semblent bien appartenir à la forme *cultrijugatus* et dont il adopte du reste le nom dans l'explication des planches. La fig. 19, seule, représente un échantillon du calcaire de l'Eifel (1), avec le test; elle répond cependant mieux à la figure de l'*auriculatus*, de Sandberger, par sa forme plus arrondie et l'area beaucoup plus courte que la plus grande largeur de la coquille qui se trouve ici vers le milieu de la longueur. La crête du bourrelet est, par contre, nettement tranchante; la bifidité des côtes est bien marquée sur ce dessin.

Le moule, fig. 21, confirme l'existence du *Sp. cultrijugatus* dans l'Amérique septentrionale.

Spirifer cultrijugatus, F.-A. Roemer, 1876, *Lethæa geogn.*, — *Atlas*, pl. 28, fig. 13.

Figure un spécimen du Calcaire de l'Eifel.

Spirifer cultrijugatus, Barrois, 1877, *Devon. de la rade de Brest* (Ann. Soc. géol. du Nord, IV), p. 81.

Réunit le *Sp. auriculatus*, Sandb. au *Sp. cultrijugatus*, Roemer, et signale sa présence à Kerziou (Brest).

(1) Les figures 19 et 20 sont reproduites ici pl. XIII, fig. IV a, b.

Sp. cultrijugatus, suite.

Spirifer cultrijugatus, Gosselet, 1880, *Esquisse géol. du Nord de la France*, p. 80, pl. 2, fig. 26.

Le signale à la partie supérieure de la grauwaacke de Hierges, qu'il caractérise par sa présence constante à ce niveau.

Spirifer cultrijugatus, C. Koch, 1880, *Taunus und Westerwald* (Jahrb. d. k. preuss. geol. Landes.,) p. 225.

Cite l'espèce de Roemer à Niederlahnstein, Hohenrhein, Ahlen, Ems, Gramberg, etc., assez répandue à la partie supérieure du Devonien inférieur rhénan.

Spirifer cultrijugatus, Follmann, 1882, *Unterdevon. Schicht. v. Olkenbach*, p. 18, etc.

L'auteur signale ce Spirifère dans la grauwaacke rhénane et dans l'horizon inférieur desschistes qui se trouvent directement au-dessus; il discute, p. 41, les rapports des petites formes d'Olkenbach avec le *Sp. carinatus*.

Spirifer cultrijugatus, Barrois, 1882, *Asturies*, p. 255, pl. 9, fig. 12.

Figure, sans description, un bel échantillon du Calcaire d'Arnao (1), qu'il rapporte au type de Roemer, bien que sa forme présente davantage le facies *auriculatus*.

Spirifer cultrijugatus, Beushausen, 1884, *Abhandl. d. königl. preuss. geol. Landes.*, VI, p. 117.

L'auteur introduit dans la synonymie du *Sp. cultrijugatus*, le moule interne, non déterminé, figuré par F.-A. Roemer (*Verstein. Harzgeb.* 1843, pl. IV, fig. 15), le *Sp. auriculatus*, Sandb. et les figs. 18 à 21, pl. 52, de Quenstedt. Il cite le *Sp. cultrijugatus* comme étant isolé dans le grès à Spirifères du Harz supérieur, à l'exclusion de la zone schisteuse qui surmonte ces grès.

En opposition avec sa distribution dans le Devonien rhénan, il paraît limité, dit l'auteur, au grès à Spirifères proprement dit, et ne semble pas convenir à la détermination de l'âge des couches.

Spirifer auriculatus, Kayser, 1884, *N. Jahrb. für Min.*, p. 239.

Revenant sur ses conclusions de 1871, l'auteur considère que les formes eifellienne et rhénane sont différentes. Il admet le nom d'*auriculatus* pour l'espèce de la grauwaacke.

(1) Reproduit ici pl. XIII, fig. III.

Sp. cultrijugatus, suite.

Spirifer cultrijugatus, Barrois, 1885, *Calcaire de Cabrières*. (Ann. Soc. géol. du Nord, XIII), p. 87.

L'auteur fait connaître, sous ce nom, un spécimen du Calcaire de Cabrières.

Il rappelle que " cette espèce est considérée comme caractéristique d'un niveau déterminé du Devonien sur le Rhin et dans les Ardennes, depuis que M. Gosselet a indiqué sa position au sommet du Coblenzien, et que les schistes de Porsguen et les Calcaires d'Arnao en sont aussi les équivalents stratigraphiques. „

M. Frech (*Zeitschr.* 1887, p. 462.), le conteste. Il y aurait là deux niveaux :

Cabrières = la partie inférieure du Devonien moyen à *Sp. cultrijugatus*;

Arnao = le sommet du Coblenzien à *Sp. auriculatus*.

Spirifer cultrijugatus, Maurer, 1886, *Fauna rechtsrhein. Unterdevon*, p. 22, etc.

Cite cette espèce parmi les Spirifères de la rive droite du Rhin qui possèdent de forts supports dentaires.

Spirifer cultrijugatus, Gosselet, 1886, *Tableau de la faune coblenzienne*. (Ann. Soc. géol. du Nord, III), pp. 293 et 298.

Cité dans la partie supérieure de la grauwaacke de Hierges, qu'il caractérise comme zone à *Sp. cultrijugatus*.

Spirifer cultrijugatus, Frech, 1886, *Paläont. Abhandl. von W. Dames u. E. Kayser*, III, p. 9.

L'auteur admet le *Sp. cultrijugatus* type de Roemer, dans les couches calcaires à *Sp. cultrijugatus* et dans le rotheisenstein de l'Eifel;

la " mutation „ de la grauwaacke du Coblenzien supérieur serait le *Sp. auriculatus*;

une troisième forme, *variété locale*, caractérisée par un plus grand nombre de plis, etc., se rencontrerait, avec le type, dans les couches calcaires à *Sp. cultrijugatus*, de Lissingen.

Spirifer cultrijugatus, Kayser, 1887, *N. Jahrb. für Min.* etc., p. 296.

Dans une analyse du Mémoire de M. Ch. Barrois, sur le Calcaire à polypiers de Cabrières (1885), l'auteur rapporte au *Sp. auriculatus*, Sandb. l'espèce décrite, par le savant français, sous le nom de *Sp. cultrijugatus*, en se basant sur sa position stratigraphique et non sur des caractères morphologiques.

Sp. cultrijugatus, suite.

Spirifer auriculatus, Frech, 1887, *Abhandl. geol. Specialkarte v. Preussen*, etc., VIII, heft 4, pp. 3-5.

L'auteur admet que la forme *auriculatus* a précédé le *Sp. cultrijugatus* dans la région rhénane.

Spirifer auriculatus, Frech, 1887, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.*, XXXIX, p. 462.

Reprenant les identifications faites par M. Barrois, l'auteur, contrairement à l'avis de M. Kayser, considère la forme de Cabrières comme étant le *Sp. cultrijugatus* et n'admet comme *Sp. auriculatus* que l'exemplaire d'Arnao figuré avec le test et qui serait stratigraphiquement inférieur au *Sp. cultrijugatus*.

M. Frech rappelle qu'il y a deux formes associées à la base du Devonien moyen rhénan : le **Sp. cultrijugatus** type, forme large, à plis grossiers, et la variété intermédiaire à plis plus nombreux, plus fins et avec sinus proportionnellement plus large et très profond, qu'il propose de désigner sous la dénomination de **var. excavata**. Il n'insiste pourtant pas sur la valeur de ces différences.

Il considère ensuite le *Sp. acuminatus* de J. Hall, comme le représentant en Amérique du type eifelien qui en est également l'équivalent stratigraphique.

En résumé il admet :

“ 1° le *Sp. cultrijugatus* comme forme caractéristique pour la partie la plus inférieure du Devonien moyen sur la rive droite et la rive gauche du Rhin (Prüm, Hillesheim) et à Cabrières; en outre, dans les oolitischen rotheisensteinen, zone limite du Devonien inférieur, ainsi que dans l'Eifel;

„ 2° le *Sp. cultrijugatus*, var. *excavata*, Frech, dans le Devonien moyen le plus inférieur de Lissingen près Gerolstein;

„ 3° le *Sp. cultrijugatus*, var. *acuminata*, J. Hall, dans le Calcaire cornifère (base du Devonien moyen) des États-Unis;

„ 4° *Sp. cultrijugatus*, “ mutation „ *auriculata*, Sandb. (*Sp. auriculatus*, Sandb. douteux), dans les couches du Coblenzien supérieur de la rive droite et de la rive gauche du Rhin; dans le Harz (grès à Spirifères du Schalke); dans le “ Haupt-quarzit „ du Harz inférieur et en Asturies (Calcaire d'Arnao). „

Spirifer cultrijugatus, Gosselet, 1888. *L'Ardenne*, p. 376.

Mentionné dans les listes de fossiles de la zone supérieure de l'assise de la grau-wacke de Hierges.

Sp. cultrijugatus, suite.

Spirifer cultrijugatus, Barrois, 1888, in Stuart-Menteath, *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, XVI, p. 411.

M. Barrois a reconnu cette espèce parmi des fossiles devoniens recueillis dans les Pyrénées occidentales.

Spirifera cultrijugata, Etheridge, 1888, *Foss. British Islands*, p. 155.

Cité dans le Devonien moyen de l'Angleterre, avec *Spirifera acuminata*, J. Hall, comme synonyme.

Spirifer auriculatus, Kayser, 1889, *Die fauna d. Hauptquartz. u. d. Zorger schiefer d. Unterharzes* (Abhandl. k. preuss. geol. Landes.,) p. 21, pl. 1, figs. 1, 2, pl. 14, figs. 1, 3.

L'auteur déclare d'abord qu'il n'a devant lui que deux valves ventrales fortement frustes provenant de Klostergrund et qui, en dépit de leur conservation défectueuse, peuvent cependant être rapportées avec certitude à l'espèce de Sandberger.

Il rappelle les principaux caractères de cette espèce, comme suit :

“ Taille remarquable; bourrelet élevé en angle aigu, plus ou moins caréné; sinus large et profond; 15 forts plis latéraux qui se bifurquent vers le bord de la coquille. „

Il fait ensuite remarquer que les oreillettes sur lesquelles les frères Sandberger se sont surtout appuyés pour donner le nom de **Sp. auriculatus** à l'espèce du Nassau, manquent à la figure type, mais qu'elles sont marquées chez la plupart des individus; il admet d'ailleurs que la forme peut varier dans de larges limites, sauf pour la plus grande largeur de la coquille qui se mesurerait au milieu de la longueur chez le **Sp. auriculatus**, tandis que cette largeur serait exprimée par le bord cardinal chez le **Sp. cultrijugatus**.

J'ajouterai que la plupart des spécimens de **Sp. cultrijugatus** qui ont été figurés par les auteurs et tous les spécimens belges montrent au contraire que le bord cardinal de cette dernière espèce est toujours plus court que la largeur prise vers le milieu de la coquille.

M. Kayser en vient cependant, d'accord avec M. Frech, 1887, et contrairement à l'avis qu'il émettait en 1871, à l'autonomie des deux formes.

Il est certain, dit-il, que, dans de rares cas, on peut constater des passages

Sp. cultrijugatus, suite.

entre elles, mais l'ensemble des formes du Devonien inférieur, d'une part, et du Devonien moyen, d'autre part, diffère. Elles peuvent être considérées comme espèces distinctes ou " mutations " (1).

Il admet, en effet :

1° que le *Sp. cultrijugatus* type ne se trouve qu'à la base du Devonien moyen ;
2° que le *Sp. auriculatus* est localisé à la partie supérieure du Devonien inférieur, c'est-à-dire dans le Coblenzien supérieur, où il le signale comme l'un des fossiles les plus abondants et les plus caractéristiques de cet horizon.

Nous n'avons rencontré en Belgique qu'une seule et même forme dans un seul et même niveau formant le sommet du Coblenzien et qualifié, par le fait même de son abondance, de zone à *Sp. cultrijugatus*, par M. Gosselet.

Spirifer auriculatus, Sandb. **cultrijugatus**, auct. Maurer, 1889, *Palæont. Studien im Gebiet des rhein. Devon.* (N. Jahrb. für Miner. II), pp. 163 et 171.

L'auteur fait l'historique de cette forme et s'étend aussi sur sa répartition stratigraphique. Il cite, en dernier lieu, comme synonymes du *Sp. cultrijugatus*, Roemer : *Sp. auriculatus*, Sandb. et *Sp. auriculatus*, Sandb. in Frech.

Spirifer ignoratus, Maurer.

1883, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.*, XXXV, p. 634.

1886, *Fauna d. rechtsrhein. Unterdevon*, p. 22.

1889, *Palæont. Studien im Gebiet des rhein. Devon.* (N. Jahrb. für Miner. II), p. 169, pl. 3, figs. 1-4.

Nouvelle espèce créée, en 1883, sur des moules voisins du *Sp. cultrijugatus*, " à côtes bifurquées dans le voisinage du bord palléal, mais qui en différerait par une épaisseur plus faible, une plus grande largeur et une protubérance musculaire ne dépassant guère le plan de la valve ni la ligne cardinale et placée entre deux profondes incisions des supports dentaires. „

L'auteur considère cette forme comme intermédiaire entre le *Sp. cultrijugatus* et le *Sp. lævicosta*. Elle se trouve dans " presque tous les horizons du Devonien inférieur rhénan et est particulièrement abondante dans les couches à *Sp. cultrijugatus* et dans les deux niveaux qui les précèdent immédiatement. „

(1) L'auteur admet donc la variété chronologique, entraînant dès lors la nomenclature trinominale.

Sp. cultrijugatus, suite.

Nous nous trouvons sans doute en présence d'un état de conservation; en effet, les variations signalées par l'auteur ne modifient pas sensiblement les caractères fondamentaux du type. Sa position chronologique seule peut infirmer notre appréciation en ce qui concerne les probabilités d'identification.

Spirifer ignoratus, F. Sandberger, 1889, *Deron. Syst. in Nassau*, pp. 22, 28, 35, 39, 47, 49.

Cité dans les couches à *Limoptera* et dans les grès à Spirifères.

Spirifer cultrijugatus, Follmann, 1891, *Ueber die unterdevon. Schichten bei Coblenz*, p. 36, figs. 1, 2, 3, 4.

L'auteur se pose et examine la question d'identité des formes du *Sp. cultrijugatus* provenant de la base du calcaire eifélien et des moules du Devonien inférieur rhénan désignés sous ce même nom.

“ La difficulté, dit l'auteur, réside dans la comparaison des exemplaires du calcaire, avec test conservé, et des moules, de la grauwacke, dépourvus par conséquent de la coquille et le plus souvent déformés. ”

Il figure et signale les différences qu'il constate sur des moules de *Sp. cultrijugatus*, de *Sp. auriculatus* et d'une troisième forme alliée : *Sp. ignoratus*.

Il rapporte également au *Sp. auriculatus* la fig. 12, pl. 9, de M. Barrois, “ Asturies. ”

Pour M. Follmann il y a deux niveaux à *Sp. cultrijugatus* :

a. La partie inférieure du calcaire eifélien ;

b. Les couches supérieures de la grauwacke rhénane ou Coblenzien supérieur.

Dans **a** on trouve la forme avec la coquille complète ;

Dans **b** on ne trouve que des moules internes, presque toujours déformés, et des empreintes du test avec l'ornementation caractéristique “ *stries concentriques avec papilles longitudinales semblables chez les deux formes.* ”

Quand on rencontre dans la grauwacke **b** des moules non déformés, il est facile de se convaincre qu'il s'agit bien de la même forme que celle qui existe dans le calcaire **a** et que le soi-disant **Sp. auriculatus**, du niveau **b**, des frères Sandberger, n'est pas autre chose que celle-là.

Il admet, dans la grauwacke, le *Sp. ignoratus*, forme avec bourrelet et sinus plus arrondis, qu'on trouve déjà dans les quartzites Coblenziens.

Spirifer ignoratus, Follmann, 1891, *Ueber die unterdevon. Schichten bei Coblenz*, p. 38, fig. 5.

L'auteur figure un moule de cette forme, provenant de Mielen, comme comparaison avec des moules du *Sp. cultrijugatus* et du *Sp. auriculatus* et en confirmation de son interprétation.

Sp. cultrijugatus, suite.

* * *

Il résulte de la bibliographie que nous venons de passer en revue que, autour du type *cultrijugatus*, créé en 1844 par C.-F. Roemer, viennent se grouper quatre autres formes dénommées :

Sp. auriculatus, Sandberger ;
Sp. acuminatus, Conrad, in J. Hall ;
Sp. ignoratus, Maurer ;
Sp. cultrijugatus, var. *excavata*, Frech.

Ces formes supplémentaires ont été établies à la fois d'après des caractères morphologiques et par des considérations d'ordre chronologique.

A. Morphologiquement :

1° Le *Sp. auriculatus* serait plus arrondi, moins développé transversalement ;

la ligne cardinale serait plus courte que la plus grande largeur de la coquille prise au milieu de sa longueur ;

le bourrelet de la petite valve, au lieu d'être nettement tranchant, aurait l'arête toujours arrondie ;

les extrémités de la ligne cardinale seraient terminées par des oreillettes placées à angle droit, faisant défaut chez le *Sp. cultrijugatus* ;

les plis latéraux, variant de 12 à 17, deviendraient bifides dans le voisinage du bord palléal.

2° Le *Sp. acuminata* serait la forme américaine représentative de l'espèce européenne ; il ne se distinguerait du type eifelien que par la profondeur plus faible du sinus et par la dichotomie affectant les plis latéraux sur la seconde moitié de leur étendue.

3° Le *Sp. ignoratus* serait moins convexe et plus large que le *Sp. cultrijugatus*, avec des plis bifurqués dans le voisinage du bord ; la protubérance musculaire serait plus étroite, moins saillante et placée entre deux profondes incisions dentaires.

4° Enfin, la var. *excavata*, associée au type, serait plus étroite que le *Sp. cultrijugatus*, mais plus large que le *Sp. auriculatus* ; elle aurait des plis plus nombreux (16-20), plus fins, et le sinus proportionnellement plus large et très profond.

Sp. cultrijugatus, suite.

En ce qui concerne le *Sp. auriculatus*, je constate que les *Sp. cultrijugatus* que possèdent les collections du Musée, sont tous de la forme type proprement dite; rien ne rappelle la forme *auriculatus* telle qu'elle a été figurée par G. et F. Sandberger.

De très nombreux spécimens, tous plus larges au milieu qu'à la charnière, avec les oreillettes cardinales bien exprimées comme le montrent les échantillons que j'ai fait figurer, ont des côtes bifides, caractères sur lesquels s'appuient aussi les frères Sandberger et M. Kayser pour séparer l'*auriculatus*, mais qui avaient déjà été signalés antérieurement, comme nous l'avons vu, par de Verneuil, en 1847, et par Schnur, en 1853, chez le *Sp. cultrijugatus*.

En ce qui concerne le *Sp. acuminata*, le caractère de bifidité plus prononcé des plis latéraux, qui serait propre à la forme américaine, se manifeste cependant, si l'on s'en rapporte aux données de la bibliographie, sur des exemplaires adultes aussi bien du type *cultrijugatus* que de la forme nommée *auriculatus*; mais, en apparence seulement, il ne serait pas constant: c'est ainsi que C.-F. Roemer ne figure pas cette dichotomie et ne la mentionne pas davantage dans son texte descriptif. Les figures données par Schnur en montrent, au contraire, des traces et cet auteur la signale dans la description de l'espèce; de Verneuil aussi, comme je viens de le rappeler, l'avait déjà renseignée. Les frères Sandberger indiquent, sans la figurer, cette bifurcation des plis latéraux dans la forme *auriculatus* et Quenstedt la figure clairement.

Comme nous le verrons plus loin, les échantillons belges montrent que cette division des plis latéraux existe sur la plupart des spécimens examinés, et se prolonge parfois sur toute la longueur des côtes.

Quant aux autres différences mentionnées par les auteurs qui précèdent: bourrelet à arête anguleuse ou plus arrondie, sinus plus ou moins large ou plus ou moins excavé, forme plus étroite ou plus large de la coquille, plis plus fins et plus nombreux, etc., elles ne peuvent avoir d'influence sur la spécificité.

Nous nous trouvons une fois de plus ici en présence de degrés de variation dans un même caractère fondamental.

B. Chronologiquement :

Le *Sp. auriculatus* serait stratigraphiquement inférieur au *Sp. cultrijugatus*.

Tout en étant particulièrement abondant dans les couches à *Sp. cultrijugatus*, le *Sp. ignoratus* serait également plus ancien, puisque M. Maurer le cite déjà dans les quartzites de Coblenze.

Sp. cultrijugatus, suite.

La position stratigraphique (1) du *Sp. cultrijugatus* est nettement fixée en Belgique; il s'y trouve exclusivement dans un groupe de couches dont les inférieures le montrent associé à une faune coblenzienne et dont les supérieures le montrent associé à des espèces couviennes telles que *Calceola sandalina*, *Spirifer speciosus*, etc.

Ce groupe de couches a été réuni aussi bien par M. Gosselet que par M. Dupont, sous le nom de couches à *Sp. cultrijugatus*.

Il semble qu'on assigne, au contraire, en Allemagne, au *Sp. cultrijugatus*, un niveau supérieur à celui où se trouverait soit le *Sp. auriculatus*, soit le *Sp. ignoratus*, le premier occupant les couches intermédiaires entre le Devonien inférieur et le Devonien moyen, le second l'horizon supérieur du Devonien inférieur, le troisième descendant même plus bas.

Comme ces trois formes, *Sp. cultrijugatus*, *Sp. auriculatus*, et *Sp. ignoratus*, ainsi que nous venons de le voir, ne sont morphologiquement qu'une seule et même espèce, il résulterait, à première vue au moins, des données stratigraphiques ci-dessus dépouillées, qu'en Allemagne le *Sp. cultrijugatus* descendrait plus bas qu'en Belgique.

Mais il est beaucoup plus probable, en écartant la donnée peu précise sur le *Sp. ignoratus*, que la limite conventionnelle adoptée pour l'horizon caractérisé par le *Sp. cultrijugatus*, n'est pas exactement la même en Allemagne et en Belgique.

La contradiction entre les appréciations relèverait dès lors uniquement de la non concordance des groupements stratigraphiques adoptés de part et d'autre.

A aucun titre, les quatre formes qu'on a tenté de séparer du type *cultrijugatus*, ne justifient donc formellement la nécessité de leur maintien.

* * *

J'ai examiné 120 exemplaires qui répondent à la diagnose suivante :

Coquille de grande taille, globuleuse, modérément ailée, à contours latéraux arrondis et à bord frontal fortement relevé par la languette prolongée du sinus; rarement beaucoup plus large que longue, la plus grande largeur se mesurant toujours vers le milieu de la longueur.

(1) Ces indications chronologiques sont extraites des notes de voyages de M. Dupont et ont été obligeamment complétées par lui.

Sp. cultrijugatus, suite.

Quelques spécimens de grandes valves ont donné comme dimensions(1):

largeur	72 ^{mm}	longueur	58 ^{mm}
—	64 »	—	46 »
—	64 »	—	46 »
—	64 »	—	44 »
—	62 »	—	60 »
—	52 »	—	40 »
—	52 »	—	32 »
—	50 »	—	40 »
—	50 »	—	32 »

ligne cardinale toujours plus courte que la plus grande largeur de la coquille;

grande valve, très convexe, avec le crochet proéminent dont l'extrémité surplombe et se recourbe assez fortement sur l'area;

area peu élevée, concave, prenant la longueur de la charnière;

ouverture deltoïdienne triangulaire, assez large à la base;

sinus non plissé, prenant naissance dès l'extrémité du crochet, s'élargissant rapidement, à fond arrondi, parfois nettement anguleux (voir pl. XIII, fig. 6), se terminant en languette pénétrant dans la valve opposée, dont elle échancre fortement le bord palléal;

petite valve également très convexe, à bourrelet sans plis, très accusé en hauteur et en largeur, à arête tranchante;

crochet de la petite valve saillant, recourbé sur l'area;

area plus faible et beaucoup plus étroite que celle de la grande valve;

plis latéraux épais, arrondis, normalement au nombre de 12-14, avec des variantes suivant la taille; présentant de fréquentes traces de bifidité vers le bord et particulièrement sur les moules internes: tels exemplaires, avec le test, montrent une dichotomie affectant toute la longueur des côtes (voir pl. XIII, fig. 6);

ornementation du test constituée par de fines lamelles d'accroissement concentriques, imbriquées, très serrées et frangées (2).

C'est principalement quand on a affaire à la petite valve que l'on constate, à l'extrémité de la ligne cardinale, les oreillettes dont les frères Sandberger ont fait surtout état pour appuyer l'autonomie de

(1) Ces dimensions ne sont qu'approximatives étant donné l'état de déformation du plus grand nombre des spécimens belges.

(2) Encore un caractère commun aux deux formes allemandes, d'après Follmann, 1891. (*Loc. cit.*, p. 192.)

Sp. cultrijugatus, suite.

leur *Sp. auriculatus*, mais que ne montre d'aucune façon le spécimen qu'ils ont fait figurer.

Les moules présentent particulièrement bien la netteté de la bifurcation des côtes latérales.

A l'emplacement du crochet se trouve une forte protubérance musculaire, ovulaire, déprimée longitudinalement dans sa partie centale et couverte de fines stries longitudinales ou rayonnantes; elle se projette au delà de la ligne cardinale et est séparée de la valve, dans sa partie supérieure, par deux incisions latérales.

Le dessus de la valve est parsemé de granulations irrégulières.

En résumé, le *Sp. cultrijugatus* est caractérisé :

par sa forme globuleuse et la forte échancrure palléale produite au front par la languette du sinus;

par sa ligne cardinale toujours plus courte que la largeur de la coquille;

par son large et profond sinus, sans pli et à languette fortement redressée;

par son puissant bourrelet anguleux, très élevé et à vive arête;

par la dichotomie de ses plis latéraux, dichotomie qui affecte surtout la coquille dépourvue de son test (1).

Il présente une ornementation remarquable par les rangées de fines papilles qui se retrouvent à peu près identiques chez le *Sp. primævus* et chez le *Sp. hystericus*. D'après Schnur (voir ici, p. 179), le *Sp. arduennensis* en serait également pourvu.

J'ai fait représenter :

Pl. XIII.

SPÉCIMENS DE L'ÉTRANGER.

Série I à V. — Figures types pour l'établissement de la synonymie.

SPÉCIMENS BELGES DES COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL DE BRUXELLES.

FIG. 1. Spécimen fruste, du BURNOTIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8711, Loc. *Petigny*.

a. Vu du côté de l'area, montrant l'extrémité du crochet recourbé sur celle-ci.

b. Vu du côté de la petite valve, montrant le large bourrelet proéminent à

(1) La fig. 1b, pl. XIII, montre des traces de bifidité sur la partie latérale de gauche dépourvue du test; la partie de droite, mieux préservée, n'en montre pas. La fig. 6, au contraire, avec le test adhérent, montre cette bifidité des plis dans toute son expression.

Sp. cultrijugatus, suite.

arête tranchante ; 11-12 plis latéraux, arrondis, avec des traces de bifidité ; l'extrémité du bord cardinal à oreillettes ; la charnière plus courte que la plus grande largeur de la coquille qui se mesure au milieu de la longueur.

- c. Vu du côté du sinus, montrant la grande largeur de celui-ci avec le fond arrondi et sa prolongation en languette relevant fortement le bord palléal au front.

d et e. Vu de profil, montrant la convexité des deux valves.

FIG. 2. Autre spécimen, vu comme le précédent. BURNOTIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8711. *Loc. Petigny*.

- 3. Moule interne naturel, ayant conservé une partie de la coquille, montrant la protubérance musculaire striée verticalement et des traces de bifidité sur les plis latéraux. BURNOTIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8711. *Loc. Petigny*.
- 4. Contours superposés du moule précédent, en trait plein, et de la forme **auriculatus** du Nassau, en pointillé, pour montrer les limites de variation.
- 5. Autre moule interne naturel, montrant une protubérance musculaire couverte de stries rayonnantes. BURNOTIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8711. *Loc. Petigny*.
- 6. Fragment d'une grande valve, munie de son test, montrant un large sinus à fond nettement anguleux et une dichotomie des plis latéraux affectant toute leur longueur. BURNOTIEN. — *Feuille de Treignes*, n° 8370.
- 6a. Ornementation de la surface, grossie, montrant les lamelles d'accroissement frangées de papilles.

*
* * *

Le *Sp. cultrijugatus* appartient essentiellement au dernier terme de la série coblenzienne ; il caractérise la zone supérieure de la grauwasche de Hierges.

Spirifer paradoxus, Schloth.

Terebratulites paradoxus, Schlotheim, 1813, in v. Leonhard, *Taschenb. für Miner.*, VII, p. 28, pl. 2, fig. 6.

Création de l'espèce d'après un moule interne de cette coquille provenant de la grauwacke du Rammelsberg (Harz) (1).

L'auteur en donne la figure, sans description, *mais le dessin est suffisant pour reconnaître nettement la forme particulière de cette espèce.*

Hysterolites macropterus, Goldfuss, 1813, in Leonhard, *Taschenb. für Miner.*, VII.

Cette citation est relevée dans les références bibliographiques d'un certain nombre d'auteurs qui ont suivi.

Il doit y avoir erreur. Je me suis assuré que le tome VII du *Taschenbuch für Mineralogie* ne contient aucun travail de Goldfuss, pas même une mention quelconque rappelant ce nom spécifique.

C'est de 1832 que date la première mention du nom de *Sp. macropterus* attribué à Goldfuss.

En effet, nous trouvons, dans H. von Dechen, *Handb. d. Geogn.* p. 525, une liste des fossiles rencontrés dans la grauwacke allemande, comprenant le nom de *Delthyris macroptera*, Goldfuss, avec *Tereb. speciosa*, Schloth. et *Tereb. paradoxa*, Schloth., comme synonymes.

Dès lors la confusion va prendre naissance et, en effet, C.-F. Roemer, en 1844, reprend le nom créé, dit-il, par Goldfuss, dans le vol. VII du *Taschenbuch* de Léonhard.

Nous voyons ensuite de Verneuil, Steininger, les frères Sandberger et d'autres auteurs reproduire cette référence en utilisant le nom de *macropterus*. Cette répétition résulterait-elle de copies, non contrôlées, c'est ce que je suis amené à supposer, car aucun auteur ne la commente.

Peut-être s'agit-il d'un spécimen de collection déterminé sous ce nom par Goldfuss pour les listes de v. Dechen qui a eu recours à l'autorité de son très distingué compatriote, ainsi qu'en témoigne l'introduction de son Mémoire de 1832 (2).

(1) Figure reproduite ici, pl. XIV, fig. I.

(2) Je crois qu'il doit bien en être ainsi, car de Koninck, en 1876 (*Loc. cit.*), dit, à propos du *Sp. micropterus*, qu'il a vu les étiquettes écrites de la main de Goldfuss pour les fossiles qui ont servi à dresser les listes publiées par v. Dechen.

Sp. paradoxus, suite.

Quoi qu'il en soit, suivant les règles de priorité, le nom de Schlotheim doit prévaloir, et c'est ce que Schnur a rétabli, dès 1853, par une description détaillée et de bonnes figures.

Hysterolites paradoxus, Schlotheim, 1820, *Die Petrefact.*, I, p. 249.

L'existence de la forme *paradoxus* est confirmée, sans que l'auteur en donne davantage une diagnose; l'assimilation générique seule a changé.

Delthyris macroptera, H. v. Dechen, 1832, *Handb. d. Geogn.*, p. 525.

Ni description, ni figure; simplement cité dans une liste de fossiles du groupe de la grauwacke, comme forme que l'on rencontre dans l'Eifel, dans la grauwacke rhénane et en Amérique.

Trigonotreta macroptera, G. Sandberger, 1842, *N. Jahrb. für. Miner.*, p. 398.

Ni description, ni figure. L'auteur cite l'espèce attribuée à Goldfuss comme existant dans le calcaire friable de Villmar, ce qui est inadmissible; l'association du *Strigocephalus Burtini*, dans ce même horizon, infirme, en effet, cette assimilation.

Spirifer macropterus, d'Archiac et de Verneuil, 1841, *Mem. Foss. of the Older depos. in Rhein. Prov.*, (Trans. geol. Soc. of London, 2^e sér., vol. VI, part. II), p. 394.

Cité de diverses localités d'Europe; puis en Asie, en Afrique et dans l'Amérique septentrionale.

Spirifer speciosus alatus, F.-A. Roemer, 1843, *Harz*, p. 14, pl. 4, fig. 20 a.

La confusion augmente. Le moule figuré ici, recueilli dans les schistes et les grès du Devonien inférieur du Rammelsberg et de Schalke, ne peut être rapporté au *Sp. speciosus* du calcaire de Gerolstein et du Couvinien belge; il se rattache, au contraire, par ses caractères morphologiques et par sa position stratigraphique, au *Sp. paradoxus*.

C'est donc abusivement, et sans justifier son assimilation, que Roemer introduit dans la synonymie le type *paradoxus* de Schlotheim, en le considérant comme étant la variété à ailes allongées du *Sp. speciosus* du même auteur.

Sp. paradoxus, suite.

Spirifer macropterus, C. F. Roemer, 1844, *Rhein. Ueberg.*, p. 71, pl. 1, fig. 4 (non fig. 3).

La première discussion de cette forme est due à Roemer. Il donne une bonne figure de la coquille recouverte de son test (1) et reproduit également un moule (2) qu'il attribue à la même espèce déjà connue depuis longtemps, dit-il, dans la littérature pétrographique ancienne, sous le nom d'*Hysterolites paradoxus* créé par Schlotheim.

On peut dès lors se demander pourquoi Roemer lui conserve le nom de *macropterus*?

L'identification de son moule, fig. 3, est contestée : pour Steininger et Kayser, il représenterait, avec raison, le *Sp. primævus*, de Steininger (voir ici, p. 137).

Roemer compare le *Sp. macropterus* au *Sp. speciosus*. Il s'en distingue, dit-il, par « une taille plus grande et par l'extension de la coquille dans la direction du bord cardinal. Au lieu des 4 à 5 larges plis latéraux du **Sp. speciosus**, le **Sp. macropterus** en possède 10 à 16 plus grêles et proportionnellement plus anguleux ; le sinus est aussi plus profond et plus aigu et le bourrelet, particulièrement, est très élevé et bien détaché. Sur les moules, la protubérance musculaire de la grande valve est très proéminente. Le test est couvert de délicates stries d'accroissement. »

Spirifer Pellico, de Verneuil, 1845, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, II, p. 472, pl. 15, figs. 1, 2 (3).

Introduction, dans la nomenclature, d'un nouveau nom pour des spécimens bien conservés du type *paradoxus*, revêtus de leur test et provenant du Devonien inférieur de Ferrones (Asturies). La caractéristique spécifique du **Sp. Pellico**, consiste, d'après de Verneuil, dans le pli longitudinal qui orne le fond du sinus.

Il a été bien établi, par divers auteurs, ainsi que nous le verrons en continuant nos observations, que ce pli existe chez le **Sp. paradoxus**, et qu'il est plus ou moins accentué suivant l'état de conservation des spécimens.

Le **Sp. Pellico** indique donc non pas une variété et moins encore une

(1) Reproduite ici, pl. XIV, fig. IV.

(2) id. ici, pl. XI, fig. II.

(3) Reproduites ici, pl. XIV, fig. VI.

Sp. paradoxus, suite.

espèce, mais un simple état de conservation plus parfait chez certains individus que chez d'autres.

Les nombreux échantillons de Belgique, auxquels j'ai affaire, se prêtent admirablement à cette démonstration (Voir pl. XIV).

Spirifer macropterus, de Verneuil, 1847, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, IV, pp. 657 et 701.

L'auteur assimile sous ce nom à la fig. 3, pl. 1 de C.-F. Roemer, des moules de Spirifères trouvés, en abondance, dans le grès d'Oriskany (État de New-York), et conclut au parallélisme des grès d'Oriskany avec les grauwackes de l'Eifel.

Je ferai remarquer, comme nous venons de le voir, que cette fig. 3 représente non pas le *Sp. macropterus*, mais bien un moule de *Sp. primævus*, ce qui confirmerait et préciserait l'âge taunusien de ce dépôt américain.

Si, d'autre part, les échantillons d'Amérique que de Verneuil a comparés avec d'autres provenant de la grauwacke de Daun (Eifel), correspondent au *Sp. macropterus* (= *Sp. paradoxus*), on aurait affaire à des dépôts immédiatement supérieurs, ce que confirme, de son côté, la présence du *Sp. cultrijugatus* dans le *Corniferous limestone* et l'*Hamilton Group* des États-Unis.

D'après S. A. Miller (*The american palæozoic fossils*), 1877, p. 130, les moules attribués par de Verneuil au *Sp. macropterus*, appartiendraient au *S. mucronata*, Conrad, 1841, de l'*Hamilton Group* ou Devonien moyen, et, dans ce cas encore, il y aurait erreur d'assimilation.

Spirifer macropterus, de Verneuil, 1850, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VII, p. 781.

Cité dans un tableau des fossiles devoniens du Département de la Sarthe.

Spirifer Pellico, de Verneuil, 1850, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VII, p. 160.

Cité dans une liste des fossiles devoniens des montagnes de Léon et des Asturies.

Spirifer Fellico et **Sp. macropterus ?** de Tchihatcheff, 1850, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VII, p. 389.

L'auteur cite, d'après la détermination de de Verneuil, ces deux espèces qu'il a recueillies, avec d'autres formes devoniennes, en Asie Mineure.

Sp. paradoxus, suite.

Spirifer pollens, F.-A. Roemer, 1850, *Harz.*, Beitr., I, p. 58, pl. 9, fig. 10.

Le spécimen de petite taille figuré sous ce nom par Roemer et assimilé par conséquent à une des espèces, décrites par Barrande, du silurien de la Bohême, est reporté par M. Kayser, en 1878, au *Sp. Hercyniæ* qui, lui-même, semble appartenir à la forme *paradoxus* (voir plus loin, Barrois 1888).

Spirifer paradoxus, Quenstedt, 1852, *Handb. d. Petrefact.*, 1^{re} éd., p. 478, pl. 38, fig. 18.

Pour la première fois, depuis 1813-1820, reparait le nom créé par Schlotheim, mais il semble cependant que l'identification faite par Quenstedt pour un moule de la grauwacke de Dillenburg, soit contestable. La fig. 18 présente, en effet, davantage les caractères du *Sp. arduennensis*.

Spirifer paradoxus, Schnur, 1853, *Eifel Brach.*, (Palæontogr. III), p. 198, pl. 32b, figs. 1 a-d et figs. 2 a, b, c, d.

La restitution du nom de Schlotheim est enfin définitivement établie.

Schnur décrit et figure avec soin l'espèce d'après un moule de la grauwacke de l'Eifel (1) et range dans la synonymie le nom de macropterus comme formant double emploi.

Les déterminations de Schnur sont à prendre en très sérieuse considération ; il est certainement l'un des auteurs de haute autorité dans la paléontologie devonienne.

Les figures 2 a, b, c, d, de la planche 32b, désignées par l'auteur comme étant le *Sp. arduennensis*, appartiennent également au *Sp. paradoxus* (2) (voir p. 177).

Spirifera macroptera, Steininger, 1853, *Geogn. Beschr. d. Eifel*, p. 71.

Décrit et figure cette forme de la grauwacke de Daleiden; l'auteur constate des écarts de détails avec la figure 4 de Roemer (*loc. cit.*).

Spirifer macropterus, de Verneuil, 1855, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XII, pp. 1174 et 1185.

Cité, dans le Coblenzien, à propos du Mémoire de M. Hébert sur la constitution géologique de l'Ardenne.

(1) Figures reproduites ici, pl. XIV, figs. II.

(2) Les figures 2 a-b, sont reproduites ici, pl. XIV, figs. III a-b.

Sp. paradoxus, suite.

Spirifer paradoxus, de Verneuil, 1855, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XII, p. 1016.

Cité dans une liste des fossiles du terrain paléozoïque du centre de l'Espagne et particulièrement de la Sierra-Morena.

Spirifer macropterus, G. et F. Sandberger, 1850-56, *Verst. Rhein. Schichtensyst. in Nassau*, p. 317, pl. 32, fig. 1, *type*; fig. 2, *var. mucronatus*; fig. 3, *var. micropterus*.

Je cite pour mémoire, car il me paraît difficile de faire usage du texte descriptif et des figures des frères Sandberger qui réintroduisent la confusion.

Divers auteurs ont, en effet, assimilé ces figures à la fois au *Sp. paradoxus*, au *Sp. hystericus* et au *Sp. speciosus*; plus récemment, en 1889, F. Sandberger (*loc. cit.*, p. 104, pl. 3, figs. 1-1b), a introduit la *var. micropterus* (fig. 3), dans la synonymie du *Sp. speciosus*, Schloth. comme *nov. var. decemplicatus*.

Spirifer macropterus, Krantz, 1857, *Verhandl. Naturhist. Verein Rheinl. u. Westf.*, Jahrg. XIV, p. 153.

Les observations contenues dans cette note sont assez confuses; elles s'appuient sur les déterminations des frères Sandberger et nous venons de voir qu'il est difficile de fixer la spécificité des formes qu'ils ont figurées.

Spirifer Hercyniæ, Giebel, 1858, *Silur. Fauna Unterharz.*, p. 30, pl. 4, fig. 14.

Petite forme, décrite et figurée (1), du Calcaire de Scheerenstieg et de Schneckenberg, dont l'aspect général correspond particulièrement, dit l'auteur, au *Sp. macropterus*; il l'en sépare pour des différences de détail et y réunit le *Sp. pollens* de F.-A. Roemer.

Spirifer macropterus (paradoxus), Gosselet, 1860, *Terr. prim. de la Belgique*, pp. 25 et 148.

Cité dans une liste des fossiles de l'étage de la grauwacke à *Lept. Murchisoni* (Hunsrückien).

(1) Reproduite ici, pl. XIV, fig. IX.

Sp. paradoxus, suite.

Spirifer macropterus, Gosselet, 1860, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XVIII, p. 30.

M. Gosselet indique, en s'en référant à la figure de Schnur, la présence du *Sp. macropterus* (= *paradoxus*), avec d'autres formes du Devonien inférieur, au sud et près de Pondrome (province de Namur), dans une sorte de grauwaacke brunâtre directement superposée aux schistes rouges du poudingue de Burnot.

Spirifer Pellico, var. Cailliaud, 1861, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XVIII, p. 332.

Ni description, ni figure. Cité, avec la mention *variété*, à Erbray, Loire-Inférieure.

Spirifer Pellico, var. Bureau, 1861, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XVIII, p. 338.

Ni description, ni figure. L'auteur fait remarquer que la forme signalée dans le Devonien inférieur d'Erbray n'est pas le type du *Sp. Pellico*, de Verneuil, mais seulement une variété à côtes plus nombreuses, existant aussi en Espagne.

Spirifer macropterus, Gosselet, 1862, *Bull. Soc. géol. de France* 2^e série, XIX, p. 560.

Cité dans la grauwaacke à *Leptaena Murchisoni*, entre Montigny s/Meuse et Vireux.

Spirifer macropterus, de Verneuil, 1864, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XXI, p. 150.

Cité dans la liste des fossiles des environs de Constantinople recueillis, en 1863, par M. de Tschihatcheff.

Spirifer macropterus, Gosselet, 1864, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XXI, p. 306.

Cité dans la grauwaacke à *Leptaena Murchisoni* de la vallée de la Meuse, de Mézières à Givet.

Spirifer macropterus, de Tschihatcheff, 1864, *Le Bosphore et Constantinople*, pp. 484 et 495.

L'auteur dit avoir recueilli le *Sp. macropterus*, Goldf. (= *Sp. paradoxus*, Schloth.), entre les villages de Kartal et de Pendik (côte asiatique du Bosphore) dans les thonschiefers.

Sp. paradoxus, suite.

Spirifera speciosa ? Davidson, 1864, *Brit. Devon. Brach.*, p. 29, pl. 8, figs. 11 et 13 (12 exclusâ).

Les spécimens figurés, provenant du Devonien de Hope's Nose, près Torquay, et de Fowey, Cornwall, que Davidson range d'ailleurs avec doute sous ce nom, offrent plutôt les caractères du *Sp. paradoxus*, ainsi que l'a aussi reconnu M. Beushausen (voir plus loin, p. 210).

Spirifer macropterus, F.-A. Roemer, 1865, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.*, XVII, p. 592, pl. 17, fig. 6.

Figure un moule interne du Devonien inférieur de la région de l'Alvater, que l'auteur identifie à la forme appelée *macropterus* de la grauwacke rhénane.

L.-G. de Koninck, en 1876 (1), y reconnaît, au contraire, et avec raison, le *Sp. hystericus*.

Spirifer macropterus, Chevillard, 1866, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XXIV, p. 125.

Cité, d'après les déterminations de M. Mérian, parmi quelques formes du Devonien inférieur du mont de la Revenne, commune de Chagny, Haute-Saône.

Spirifer Pellico ? d'Archiac et de Verneuil, 1867, *Comptes-rendus Acad. Paris*, LXIV, p. 1219.

Cité dans une liste des fossiles recueillis par Abdullah-Bey dans le Devonien des environs de Constantinople, et rapporté avec doute à cette espèce.

Spirifer macropterus, de Koninck in d'Omalius, 1868, *Précis de Géologie*, p. 575.

Cité dans une liste de fossiles des phyllades de Houffalize (Hunsrückien).

Spirifera macroptera?, var. *microptera*, Davidson, 1869, *Pebble-bed Brach.* (Quart. Journ. geol. Soc., XXVI, 1870), p. 79, pl. 4, figs. 21-22.

Cité avec doute quant à l'assimilation. Les figures ne semblent pas pouvoir être utilisées pour reconnaître l'espèce de laquelle l'auteur les rapproche.

(1) Foss. gedinniens (Ann. Soc. géol. de Belg., III), p. 41.

Sp. paradoxus, suite.

Spirifer macropterus, de Verneuil, 1866-69, *Asie Mineure*. — *Paléont.*, p. 16.

Signale cette forme en Asie Mineure, y réunit le *Sp. speciosus*, du Harz, figuré par F.-A. Roemer (*loc. cit.*, pl. IV, figs 19-21 et pl. XII, fig. 19) et aussi le *Sp. Rousseau*, Marie Rouault (Bull. Soc. géol. France, 2^e série, IV, 1846, p. 322). Mais il y a lieu de remarquer que, seule, la fig. 20a de Roemer, possède les caractères spécifiques du *Sp. macropterus* = *Sp. paradoxus*.

La valeur de l'assimilation faite ici du *Sp. Rousseau* a été discutée plus avant (p. 157), dans la synonymie du *Sp. hystericus*.

Spirifer Pellico? d'Archiac et de Verneuil, 1866-69, *Asie Mineure*. — *Paléont.*, pp. 19 et 477.

Les auteurs rappellent que le caractère principal de cette espèce consiste dans le petit pli que l'on observe au fond du sinus. Ils reconnaissent sa grande ressemblance avec le **Sp. macropterus**, passant, comme lui, par une série de variétés, à des formes plus ou moins transverses.

Les individus, provenant de l'Asie Mineure, dont ils s'occupent ici, portent la trace de ce pli caractéristique, mais la conservation leur paraît trop défectueuse pour pouvoir les rapporter avec certitude au véritable *Pellico*.

Spirifer paradoxus (**Sp. macropterus**), Kayser, 1871, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.*, XXIII, p. 316 et 319.

Cité dans une liste de fossiles recueillis par l'auteur à Waxweiler, Daleiden, Prüm, Herdorf et Schönecken, dans les couches de Vicht.

Spirifer paradoxus, Quenstedt, 1871, *Petref. Deutschl. Brach.*, p. 480, pl. 52, figs. 14, 35 à 39, 41 et 42^c (fig. 15 exclusâ).

L'auteur figure des moules provenant de la grauwacke d'Oberlahnstein et de Kemmenau, près d'Ems ; il indique les limites de variations qu'il a observées sur ses échantillons.

En général, les observations et les figures de cet ouvrage laissent prise à l'alea.

Spirifer macropterus, Andrä, 1874, *Verhandl. Naturhist. Ver. Rheinl. u. Westph.*, XXXI, p. 133 s.

M. Andrä présente à cette Société le moule d'un Spirifère, provenant de Sidney, qu'il rapporte au *Sp. macropterus*, en faisant remarquer que " il y a identité

Sp. paradoxus, suite.

de forme avec l'espèce si abondante du Devonien rhénan et même ressemblance complète entre la roche des deux gisements. „

C'est un curieux exemple de cosmopolitisme que je confirmerai prochainement à propos d'autres formes coblenziennes rencontrées dans les régions australes.

Spirifer macropterus (*Sp. paradoxus*), F.-A. Roemer, 1876, *Lethæa geogn.*, Atlas, pl. 23, fig. 13.

L'auteur donne une bonne figure de l'espèce d'après un moule de la grauwacke de Lahneck s/Rhin.

Spirifer paradoxus, de Koninck, 1876, *Foss. gedinniens*, (Ann. Soc. géol. de Belgique, III,) p. 42.

Nouvelle confirmation de l'élimination du nom de macropterus.

L'auteur fait, en effet, remarquer que la plupart des paléontologues allemands sont d'accord pour admettre que le *Spirifer* (*Delthyris*) *macropterus* de Goldfuss, est identique au *Terebratulites* ou *Hysterolites paradoxus*, de Schlotheim.

Il partage leur avis et ajoute que le **Sp. Pellico**, de Verneuil, " n'en diffère pas et doit être considéré comme synonyme. „

Spirifer Pellico, Barrois, 1877, *Ann. Soc. géol. du Nord*, IV, p. 73.

M. Barrois, en renseignant l'existence de cette forme dans le terrain devonien de la rade de Brest, dit que cette espèce est bien voisine du *Sp. paradoxus*; il rappelle que, d'après de Koninck, elle n'en diffère pas.

Spirifer Hercyniæ, Kayser, 1878, *Die Fauna d. ältest. Devon. Harz.*, (Abhandl. z. geol. specialkarte v. Preuss. u. d. Thüring. Staaten, Bd. II, heft 4), p. 168, pl. 23, figs. 7-13; pl. 34, fig. 3.

Les figures se rapprochent beaucoup de la forme rhénane, ce que l'auteur admet spontanément du reste en disant que " le **Sp. paradoxus** du Rhin doit être considéré comme la forme affiliée la plus voisine de notre espèce. „ Le pli du sinus manque et les contours latéraux diffèreraient seuls.

Il y réunit, comme synonymes : 1° le *Sp. pollens*, Roemer (non Barrande) du Harz, petite forme très différente, d'après la figure naturellement, et difficilement assimilable; 2° le *Sp. Hercyniæ*, Giebel, dont la figure peut laisser place au doute, à moins qu'il ne s'agisse d'un spécimen de jeune âge.

Sp. paradoxus, suite.

Spirifer paradoxus, Schloth. = **Sp. macropterus**, Goldf. Gosselet, 1880, *Esquisse géol. du Nord de la France*, I, p. 75, pl. 2, fig. 24.

Cité dans la grauwaacke de Montigny et dans le grès noir de Vireux.

L'auteur introduit aussi, comme on le voit, le *Sp. macropterus* dans la synonymie du *Sp. paradoxus*.

Spirifer macropterus, C. Koch, 1880, *Taunus und Westerwald* (Jahrb. d. k. preuss. geol. Landes., für 1880), pp. 212, 225.

Cite le *Spirifer macropterus* de Goldfuss, dans " sa forme propre : étroite et fortement aliforme „ à Haintgen, Burgschwalbach et de diverses autres localités, à la partie moyenne et supérieure du Devonien inférieur rhénan.

Spirifer macropterus, Kayser, 1881, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.*, XXXIII, pp. 619, 621, 622.

Cité dans diverses listes de fossiles du Devonien inférieur de Stadtfeld, etc.

Spirifer paradoxus, Follmann, 1882, *Unterdevon. Schichten v. Olkenbach*, p. 42.

La grande forme type est citée dans la grauwaacke d'Olkenbach ; elle y est relativement moins abondante que d'autres espèces. Elle existe également dans l'horizon inférieur des schistes qui se trouvent directement au-dessus.

Spirifer paradoxus, Barrois, 1882, *Asturies*, p. 248, pl. 10, fig. 1.

L'auteur rapporte au *Sp. paradoxus*, d'après ses caractères intérieurs, un fragment de valve ventrale provenant de Trubia.

Il signale " la présence au fond du sinus des **Sp. paradoxus** de France, bien conservés, du pli constaté chez le **Sp. Pellico**, et l'absence, sur les moules internes des deux formes, des deux grandes incisions qui caractérisent justement le **Sp. hystericus**. La place laissée sur le moule entre les empreintes des dents, est occupée, chez le **Sp. paradoxus**, par un gros bourrelet saillant très caractéristique de cette espèce. „

Spirifer paradoxus, Gosselet, 1883, *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, XI, p. 683.

M. Gosselet cite cette espèce dans les grès d'Anor, mais, après, en 1886, il ne la renseigne plus, dans le Taunusien, que comme forme ayant des affinités avec le vrai *paradoxus*.

Sp. paradoxus, suite.

Spirifer paradoxus, Beushausen, 1884, *Oberharz. Spiriferensandst.* (Abhandl. k. preuss. geol. Landes., VI), p. 118, pl. 6, fig. 19.

Figure un moule du grès à Spirifères et introduit dans la synonymie le Spirifère désigné par Roemer, en 1843, sous le nom de *speciosus alatus*, fig. 20 a, b, et d? et les figures 11 et 13? de *Spirifera speciosa*, Davidson, 1864.

Spirifer paradoxus, Gosselet, 1885, *Ann. Soc. géol. du Nord*, XII, p. 338, note 1.

L'auteur remarque que " *les Spirifères du groupe du macropterus ou paradoxus sont très caractéristiques du Coblenzien. Ils ont, comme caractère commun, la présence d'un gros bourrelet saillant sur le moule de la grande valve.* „

On peut y rapporter, dit-il :

" 1^o *Spirifer primævus*, Stein. = *Sp. paradoxoides*, Quenst. ;

" 2^o *Spirifer paradoxus*, Schloth. = *Sp. macropterus*, Roem. = *Sp. Pellico*, de Vern. ;

" 3^o *Spirifer arduennensis*, Schnur ;

" 4^o *Spirifer speciosus*, auct. ;

" Le *Spirifer paradoxus* montre, dans le Coblenzien, trois variétés principales :

" La variété moyenne, A, se rapproche du *Sp. primævus*, par un nombre moindre de côtes sur les ailes que dans les autres variétés.

" Une variété large, B, a, sur les ailes, des côtes nombreuses légèrement effacées aux extrémités et, de plus, une légère côte dans le sinus.

" La troisième variété, C, a les ailes très allongées, les plis très nombreux et une côte dans le sinus. Ce sont bien les caractères du *Pellico* de de Verneuil. „

L'auteur continue ainsi :

" Les variétés A et B se trouvent dans la grauwacke de Montigny ;

" la variété C dans le grès de Vireux et dans la grauwacke de Hierges. „

Le tableau indiquant la répartition stratigraphique des Spirifères coblenziens, joint au présent Mémoire, montre que le *Sp. primævus* est surtout localisé dans le Taunusien, puisqu'il ne se rencontre plus que rarement dans le Hunsrückien ; tandis que le *Sp. paradoxus* (= *Sp. Pellico*), apparaît dans le Hunsrückien, est surtout développé dans l'Ahrien et existe encore dans le Burnotien, jusque dans la partie inférieure de la Zone à *Sp. cultrijugatus*.

Spirifer paradoxus, Quenstedt, 1885, *Handb. d. Petrefact.*, 3^e éd., p. 727, pl. 56, figs. 20, 21.

La figure 20 appartient au *Sp. primævus* et la figure 21 est la reproduction de celle de sa 1^{re} édition, de 1852, dont l'identification est contestable ; les figs. 22 et 23,

Sp. paradoxus, suite.

attribuées au *Sp. speciosus*, ont, au contraire, plus de rapports avec la forme *paradoxus*.

Spirifer paradoxus, Gosselet, 1886, *Tableau de la faune coblenzienne*, (Ann. Soc. géol. du Nord, XIII), p. 298.

Cite cette espèce dans le Hunsrueckien, dans l'Ahrien et à la partie inférieure de la grauwacke de Hierges.

Spirifer paradoxus, Gosselet, 1888, *L'Ardenne*, pp. 323, 350, 374.

Mentionné dans les listes de fossiles des assises Hunsrueckienne, Ahrienne et à la partie inférieure de la grauwacke de Hierges.

Ainsi, l'aire stratigraphique du paradoxus, dans le Devonien inférieur de l'Ardenne française et belge, a été définie et peut être complétée, nous venons de le voir, par les travaux du Service de la Carte géologique de la Belgique au 1/20000^e.

Spirifer paradoxus, Barrois, 1888, in Stuart-Menteath. *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, XVI, p. 411.

M. Barrois reconnaît l'existence de cette espèce dans les Pyrénées Occidentales.

Spirifer paradoxus, var. **Hercyniæ**, Barrois, 1888, *Faune du Calc. d'Erbray*, p. 132, pl. 9, figs. 1 a-d.

M. Barrois crée, d'après quelques différences morphologiques de détails, une var. *Hercyniæ* pour une très belle forme de *paradoxus* du Calcaire d'Erbray (1).

Mais il donne simultanément la notion précise de la valeur de cette forme, en constatant " que ce Spirifère d'Erbray est au Sp. Hercyniæ du Harz, figuré par M. Kayser, ce que le Sp. Pellico est au Sp. paradoxus du Rhin, c'est-à-dire qu'il en représente un état de conservation meilleur. "

Il en résulterait donc que la var. *Hercyniæ* d'Erbray, comme le *Sp. Pellico*, est fictive, puisqu'elle ne repose pas sur des caractères zoologiques constants.

Spirifer Pellicoi, Oehlert, 1889, *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, XVII, p. 778, pl. 20, figs. 2 a-d.

L'auteur décrit et figure cette forme du Devonien inférieur des environs d'Angers. " Peut-être y aura-t-il lieu, dit M. Oehlert, de la réunir à *Sp. paradoxus*

(1) Les figures 1 b et 1 c sont reproduites ici, pl. XIV, fig. VII.

Sp. paradoxus, suite.

(=*Sp. macropterus*) espèce caractéristique du Coblenzien des Ardennes et dont la forme transverse rappelle celle de *Sp. Pellicoi*. „

Comme nous venons de le voir, l'assimilation s'impose.

Spirifer paradoxus (*macropterus*, Goldf.), F. Sandberger, 1889, *Devon. Syst. in Nassau*, pp. 20 et suiv.

Cite cette espèce dans diverses assises du Devonien inférieur du Nassau, depuis les couches correspondantes à l'Hunsrückien jusque dans le Coblenzien supérieur.

Spirifer phalæna, F. Sandberger, 1889, *Devon. Syst. in Nassau*, p. 105, pl. 3, fig. 3.

Nouvelle espèce que crée l'auteur pour des formes " inconnues jusqu'ici dans le Nassau, mais qui caractérisent un petit banc à la partie inférieure du *Spiriferen Sandstein*, de Stadtfeld, près de Daun, et qui se retrouvent vraisemblablement dans d'autres endroits de l'Eifel, de même que dans le grès de Vireux en Ardennes. „

F. Sandberger introduit, sous le nom de *Sp. paradoxus*, dans la synonymie du *Sp. phalæna*, la forme représentée par la fig. 17, pl. 6, de Steininger et dénommée *Sp. macroptera*, par ce dernier. Mais il ne donne pas la raison de cette assimilation, pas plus qu'il ne motive ce qui l'a amené à introduire, dans la même synonymie de son *Sp. phalæna*, la fig. 25, pl. 2, de l'*Esquisse géologique* de M. Gosselet, 1880, représentant un moule du *Sp. arduennensis*.

En examinant la figure de cette soi-disant nouvelle espèce *phalæna* (1), il semble, au contraire, qu'elle ne pourra être maintenue. Sa forme ailée, ses rapports de mensuration, le nombre et la forme des plis latéraux, son large sinus avec la petite crête longitudinale médiane, l'ornementation du test, tous ses caractères, en un mot, concordent avec ceux du *Sp. paradoxus* type, tel que nous le comprenons.

La bifidité des plis latéraux extrêmes pourrait prêter au doute quant à l'assimilation, mais j'ai constaté, sur plusieurs de nos échantillons belges, cette tendance à la bifurcation des derniers plis, qui me paraît accidentelle, étant donné qu'elle n'affecte que quelques-unes des nombreuses formes que j'ai à ma disposition.

Je citerai aussi, sans m'y arrêter, que le nom de *Spirifera phalæna* a déjà été

(1) Reproduite ici, pl. XIV, fig. X.

Sp. paradoxus, suite.

employé par Phillips, en 1841, pour une forme du Devonien anglais de Hope, près Torquay, mais qui a été déclassée et rangée depuis lors, il est vrai, dans le genre *Athyris*.

Spirifer paradoxus, Kayser, 1889, *Die Fauna d. Hauptquartz. u. d. Zorger schiefer d. Unterharzes* (Abhandl. k. preuss. geol. Landes.), pp. 28, 32, 67, pl. 2, figs. 6, 7; pl. 15, figs. 1, 2.

L'auteur a pu examiner l'échantillon qui a servi de type à Schlottheim pour créer l'espèce et qui est conservé au Musée de Berlin. Il figure des moules de *Sp. paradoxus* et fait l'historique de cette forme et des interprétations auxquelles elle a donné lieu.

M. Kayser considère la fig. 3 du *Sp. macropterus*, donnée, en 1844, par F.-A. Roemer, comme représentant un moule interne de *Sp. primævus*. Je l'ai introduite dans la synonymie de cette dernière espèce. (Voir ici, p. 137.)

Spirifer dunensis, Kayser, 1889, *Ibid.*, p. 33, pl. 15; figs. 3, 4, 5 et 5a.

Dans le même travail, M. Kayser introduit ce nouveau nom pour une forme du Devonien inférieur de Stadtfeld et de Zenscheid, qu'il reconnaît étroitement alliée au *Sp. paradoxus* (1), et qui serait confinée dans l'horizon inférieur du Coblenzien.

L'auteur remarque que la nouvelle espèce qu'il fait connaître est, " *par sa forme générale, notamment longuement ailée, très voisine du Sp. paradoxus et possède aussi, comme ce dernier, un pli faible dans le milieu du sinus.* „

Les différences consisteraient, d'après lui, d'abord dans la largeur du sinus et du bourrelet, qui serait au moins égale à celle réunie des six plis latéraux les plus rapprochés, tandis que chez le Sp. paradoxus cette largeur correspond seulement à celle des 4-5 plis contigus; ensuite, ce même bourrelet serait plus proéminent et à arête presque tranchante. Les plis latéraux seraient également plus aigus que chez le Sp. paradoxus.

J'ai lieu de croire, et l'examen des spécimens belges confirme mon appréciation (voir pl. XIV), que les différences signalées entre les deux formes par le très distingué paléontologue, sont le résultat d'un état de conservation et non de caractères morphologiques.

(1) Les figures sont reproduites ici, pl. XIV, fig. VIII.

Sp. paradoxus, suite.

Spirifer dunensis, Kayser, 1891, *Lehrbuch der geol. formationskunde*, p. 100, pl. 12, fig. 6 (au 2/3 de la grandeur) (1).

L'auteur représente de nouveau ce Spirifère dans un Traité de géologie, parmi les formes caractéristiques du Devonien inférieur.

Un examen attentif montre toutefois que cette figure du *Sp. dunensis*, semble reproduire celle du *Sp. macropterus* de F.-A. Roemer, mais réduite au 2/3 (voir pl. XIV, figs. IV et V), et nous avons vu que ce *Sp. macropterus* de Roemer est déjà un double emploi pour la forme *paradoxus*.

* * *

En résumé, nous constatons, d'après la bibliographie, que le nom de *paradoxus* a été introduit dans la nomenclature, en 1813, par Schlotheim, pour un moule de Spirifère de la grauwacke du Rammelsberg, que l'auteur n'a fait que figurer et dont, pas plus en 1820 qu'alors, il ne fit connaître les caractères spécifiques par une diagnose quelconque.

Ce n'est, en réalité, qu'en 1853, que le type fut bien fixé par Schnur qui conserva la priorité au nom créé par son ancien prédécesseur.

Dans l'entre-temps, apparaît le nom de *macropterus* appliqué à la même forme par Goldfuss d'abord, puis par d'autres auteurs; mais il ne m'a pas été possible de retrouver l'origine de cette détermination de Goldfuss. Je me suis assuré que les références bibliographiques sont inexactes et que C.-F. Roemer, notamment, en décrivant et en figurant, en 1844, ce double emploi, a versé dans la même erreur en ajoutant encore à la confusion.

En 1843, F.-A. Roemer tend à supprimer le nom de *paradoxus*, en l'introduisant dans la synonymie pour en faire une variété d'une espèce morphologiquement et stratigraphiquement différente.

En 1845, c'est le nom nouveau de *Sp. Pellico* que de Verneuil crée pour l'appliquer à une grande forme, recouverte de son test, ne différenciant des moules du *Sp. paradoxus* que par la présence d'un pli longitudinal dans le sinus; mais il a été démontré depuis lors, et nos figures en donnent la confirmation, que ce pli existe également chez le *Sp. paradoxus* et que le nom donné par de Verneuil passe dans la synonymie.

En 1864, Davidson, à l'exemple de F.-A. Roemer, assimile à tort au

(1) Reproduite ici, pl. XIV, fig. V.

Sp. paradoxus, suite.

Sp. speciosus, forme bien fixée du Devonien moyen, des représentants du type *paradoxus*.

En 1878, M. Kayser reprend, pour la forme du Devonien inférieur du Harz, le nom de *Sp. Hercyniæ* (1) sous lequel Giebel l'avait désignée, en 1858; il lui reconnaît de très étroites affinités avec le *Sp. paradoxus* et, en 1888, M. Ch. Barrois crée la *var. Hercyniæ* pour une forme du calcaire d'Erbray qu'il me paraît difficile de séparer du type *paradoxus*.

En 1889, M. Kayser propose le nom de *Sp. dunensis* pour des spécimens dont l'assimilation au même *Sp. paradoxus* est voilée par un état de conservation particulier.

Enfin, le nom de *phalæna* est introduit, en 1889, par F. Sandberger pour distinguer un Spirifère qui n'est pas susceptible cependant d'être séparé du type de Schlotheim.

Il résulte de l'exposé qui précède, qu'il y a lieu de ranger dans la synonymie du *Sp. paradoxus* :

<i>Sp. macropterus</i> ,	espèce de collection, par conséquent non fixée;
<i>Sp. Pellico</i> ,	représentant la forme type avec des degrés de variation dans certains caractères, ou bien des états spéciaux de conservation;
<i>Sp. Hercyniæ</i> ,	
<i>Sp. dunensis</i> ,	
<i>Sp. speciosus alatus</i> ,	
<i>Sp. speciosus</i> , pars.	représentant la forme type.
<i>Sp. phalæna</i> ,	

(1) M. Kayser rapporte au *Sp. Hercyniæ*, Giebel, forme très répandue dans le Calcaire hercynien, des spécimens qu'il range dans le Devonien inférieur du Harz. Il remarque que « cette belle espèce, à longues ailes, a des affinités avec le *Sp. paradoxus* rhénan qui en est, dit-il, la forme apparentée la plus voisine, mais celui-ci en diffère : 1^o par la présence d'un petit pli dans le milieu du sinus, 2^o par la déviation presque toujours marquée des bords latéraux entre le front de la coquille et les angles cardinaux. »

M. Barrois range, au contraire, le *Sp. Hercyniæ* dans la synonymie du *Sp. paradoxus*, comme *variété*. Il en figure de beaux exemplaires du Calcaire d'Erbray, avec le pli du sinus nettement exprimé. Ici encore, on ne constate que des variations n'enlevant rien à la valeur des caractères fondamentaux du type *paradoxus*.

J'ai pu m'assurer également que, seul, l'état de conservation de cette forme a joué un rôle prépondérant dans la confusion à laquelle elle s'est prêtée.

C'est encore à cette même cause qu'il faut rapporter les variations du contour palléal de la coquille dont parle M. Kayser; il suffit d'examiner une série de ces formes pour le constater.

Sp. paradoxus, suite.

Une seule question, touchant à un caractère fondamental, se pose :
le *Sp. paradoxus* possède-t-il le pli du sinus attribué à la caractéristique du *Sp. Pellico* ?

J'ai pu, comme pour les cinq espèces déjà décrites ici, grâce au développement des séries de notre Musée, examiner de nombreux spécimens de *Sp. paradoxus*; ils montrent les caractères suivants :

Grande coquille fusiforme, très transverse par l'allongement des ailes qui se terminent généralement en pointes effilées; elle est, le plus souvent, quand elle n'a pas subi de déformation, trois fois plus large que longue, la plus grande largeur étant toujours exprimée par la charnière.

Ainsi, quelques exemplaires ont donné comme dimensions (1) :

largeur	106mm	×	35	longueur
—	105 »	×	40	—
—	96 »	×	25	—
—	90 »	×	30	—
—	90 »	×	30	—
—	80 »	×	30	—
—	80 »	×	23	—

area étroite, concave, à peu près de même largeur sur toute son étendue, nettement délimitée par les bords parallèles des deux valves, déviant légèrement en hauteur sous le crochet de la grande valve;

valves modérément convexes;

grande valve plus renflée dans la région du crochet; celui-ci est bien accusé avec l'extrémité recourbée au-dessus de la ligne cardinale et cachant, par le fait, le sommet de la petite ouverture deltoïdienne triangulaire;

sinus prenant naissance dans l'extrémité du crochet, se prolongeant, en s'élargissant, jusqu'au bord frontal où la largeur correspond à celle des 4-5 plis les plus voisins, et qu'il dépasse légèrement en se terminant en une courte languette;

fond du sinus garni d'une petite crête longitudinale médiane en forme de pli plus faible que les côtes latérales, pas toujours apparent et disparaissant même complètement sur les moules internes (voir pl, XIV, figs. 1, 5, 5a et 6);

petite valve également un peu proéminente à l'emplacement du

(1) Dimensions approximatives vu l'état de conservation des spécimens mesurés.

Sp. paradoxus, suite.

crochet qui est moins accusé que sur la valve opposée, mais dont la pointe se recourbe de même sur l'area ;

au sinus correspond ici un bourrelet très élevé, de largeur équivalente et dont la crête est plus ou moins anguleuse, toujours suivant l'état de préservation ;

plis latéraux normalement au nombre de 16-20, très prononcés, arrondis ou plus anguleux suivant l'état de compression latérale, et s'atténuant en raison de leur éloignement vers les extrémités cardinales ;

surface couverte de stries transverses, concentriques, fines, serrées et ondulées.

Moules caractérisés par une forte protubérance musculaire sur la grande valve et par l'absence d'incisions latérales produites, chez d'autres espèces, par la pénétration des plaques dentaires. Ce tubercule fait fortement saillie dans la région cardinale ; il est déprimé au centre et couvert d'une très fine striation verticale ou rayonnante ; le dessus des moules internes vers la charnière, est couvert de granulations irrégulièrement disposées.

Je ne crois pas devoir m'étendre davantage sur la partie descriptive ; les figures, qui accompagnent ce travail, feront mieux saisir les caractères de l'espèce *paradoxus* qui se reconnaît, à coup sûr, par :

sa forme très transverse ;

le parallélisme de ses bords cardinaux ;

la hauteur et la largeur de son bourrelet ;

la profondeur et la largeur de son sinus ;

le pli longitudinal médian dans le fond du sinus sur la coquille conservée, mais disparaissant sur le moule ;

les plis latéraux, très prononcés, rarement bifurqués (1), au nombre de 16 à 20 que l'on peut distinguer de chaque côté du bourrelet et du sinus ;

les stries fines, serrées et ondulées qui traversent toute la surface de la coquille ;

enfin, sur les *moules*, par la forte protubérance musculaire de la grande valve et l'absence d'incisions latérales.

Presque tous ces caractères sont constants et si l'on rencontre par-

(1) Schnur signale l'intercalation vers le bord palléal et dans l'intervalle qui sépare les côtes latérales, d'un nouveau pli très faible. J'ai constaté, sur quelques-uns des échantillons belges, une tendance à la division *des plis extrêmes* qui exprime peut-être l'observation de Schnur. La fig. 1, pl. XIV, montre cette tendance à la dichotomie ; elle est manifeste également sur la fig. X. même planche, mais elle semble n'être qu'accidentelle.

Sp. paradoxus, suite.

fois des variations quelque peu saillantes, elles sont dues avant tout à des états différents de conservation.

* * *

J'ai fait reproduire :

Pl. XIV.

SPÉCIMENS DE L'ÉTRANGER.

Série I à X. Figures types pour l'établissement de la synonymie.

SPÉCIMENS BELGES DES COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL DE BRUXELLES.

- FIG. 1. Grande valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, montrant nettement le pli longitudinal médian dans le fond du sinus et la tendance à la bifurcation des plis latéraux extrêmes. AHRIEN. — *Feuille de Grupont*, n° 8542^{bis}.
- 2. Petite valve, d'après un moule artificiel, d'un autre individu, montrant un bourrelet à crête arrondie. AHRIEN. — *Feuille de Grupont*, n° 8542^{bis}.
- 2a. Coupe du bourrelet, suivant A. B.
- 3. Moule interne naturel d'une petite valve, montrant un bourrelet plus large, à crête plus anguleuse. AHRIEN. — *Feuille de Grupont*, n° 8542^{bis}.
- 3a. Coupe du bourrelet, suivant C. D.
- 4. Moule interne naturel, vu du côté de la charnière. BURNOTIEN. — *Feuille de Grupont*, n° 8669.
- 5. Grande valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, montrant nettement le pli du sinus. BURNOTIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8364.
- 5a. Moule interne naturel de la même valve, montrant une forte protubérance musculaire et une légère trace du pli du sinus.
- 6. Moule interne naturel, à un autre degré de conservation, avec le fond du sinus sans trace de pli. BURNOTIEN. — *Feuille de Vencimont*, n° 7198.
- 7. Moule interne naturel pour montrer le degré de développement transversal que peut atteindre le *Sp. paradoxus*. Ici encore, le sinus est lisse. AHRIEN. — *Feuille de Grupont*, n° 8542^{bis}.

* * *

Le *Sp. paradoxus* est assez rare en Belgique dans le Hunsrückien; il devient plus abondant dans l'Ahrén et dans le Burnotien et il ne disparaît que vers le milieu de l'horizon caractérisé par la présence du *Sp. cultrijugatus*.

Spirifer daleidensis, Steininger.

Spirifera aperturata, Phillips, 1841, *Palæoz. foss.*, p. 77, pl. 30, fig. 133.

L'auteur figure, sans description, un fragment de valve d'un Spirifère du Devonien inférieur de Linton, qu'il rapporte à l'espèce à laquelle Schlotheim a donné le nom de *Sp. aperturatus* et que M. Kayser est porté, en 1878, à réunir au *Sp. daleidensis*, Steininger.

L'échantillon représenté par Phillips est tellement défectueux qu'il n'y a à tenir compte, à mon avis, ni de l'une ni de l'autre assimilation et l'on comprend difficilement comment Davidson a pu, en 1864 (*Erit. Devon. Brach.* p. 26, pl. 6, fig. 9), reproduire la figure de Phillips en maintenant cette détermination erronée, ajoutant ainsi à la confusion en cherchant à tirer parti d'un exemplaire de rebut.

Spirifer daleidensis, Steininger, 1853, *Geogn. Besch. d. Eifel*, p. 71.

Espèce créée sur des moules de la grauwacke de Daleiden et " *caractérisée par les plis dichotomes qui couvrent toute la coquille y compris le sinus et le bourrelet. Les moules montrent également, de chaque côté du crochet, des incisions comme chez le Sp. hystericus* „

Cette espèce n'est pas figurée.

Spirifer canaliferus, Schnur, 1853, *Eifel Brach.*, (Palæont. III), p. 206, pl. XXXV, fig. 5 e, (5 a, b, c, d, exclusâ).

Le moule, de la grauwacke de Daleiden, que l'auteur a figuré (fig. 5e) (1) sous le nom de *Sp. canaliferus*, possède les plis dichotomes irréguliers et les incisions du *Sp. daleidensis*.

M. Kayser, en 1878, conclut à l'assimilation.

Spirifer dichotomus, Wirtgen et Zeiler, 1854, *Verhandl. Naturhist. Verein Rheinl. u. Westf.*, Jahrg. XI, p. 478.

Nouveau nom créé par Wirtgen pour une forme de la grauwacke de Winingen, conservée au Musée de Bonn, mais qui n'a jamais été décrite ni figurée.

C'est par conséquent une espèce de collection qui serait à rayer si M. Kayser ne

(1) Reproduit ici, pl. XII, fig. II.

Sp. daleidensis, suite.

s'en était chargé déjà en faisant connaître, comme on le verra plus loin, que le spécimen en question représente le *Sp. daleidensis* de Steininger, nom qui a la priorité.

Spirifera dubia, Etheridge, 1872, *Queensland fossils* (Proceed. geol. Soc., vol. 28), p. 330, pl. 16, fig. 6.

L'auteur décrit et figure sous ce nom un Spirifère du Devonien de Gympie (Australie), "*de forme semi-circulaire, à bourrelet plissé et portant des plis latéraux dichotomes* .,"

Quoique l'horizon stratigraphique ne soit pas autrement précisé, je mentionne cette espèce parce qu'elle présente les caractères fondamentaux du *Sp. daleidensis*, auquel elle semble devoir être réunie.

Spirifera undifera, var. *undulata*, F. Roemer, in Etheridge, 1872, *Queensland fossils* (Proceed. geol. Soc., vol. 28), p. 331, pl. 15, fig. 4 (non pl. 16, figs. 3, 4, 5).

Le moule, à grosses côtes latérales irrégulièrement divisées, provenant de la même localité australienne et figuré sous ce nom, semble également appartenir au *Sp. daleidensis*.

Spirifer sp., Kayser, 1877, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.*, XXIX, p. 852.

L'auteur examine des spécimens du Musée de Bonn, provenant de la grauwacke de Menzenberg, de Daleiden et Conderthal, près de Coblenz, étiquetés *Sp. dichotomus*, mais auxquels il restitue, l'année suivante, le nom de *Sp. daleidensis*.

Il rapproche ensuite ces formes du *Sp. Bischofi*, espèce silurienne (1) de Giebel et non de F.-A. Roemer, avec lequel elles ont de commun, d'après lui, la dichotomie des plis latéraux. Mais, comme nous le verrons plus loin, Giebel fait remarquer, au contraire, que les plis, chez cette dernière espèce (2), "*sont simples et ne sont qu'exceptionnellement divisés vers le bord palléal de la coquille* .,"

Ce sont donc des caractères propres au *Sp. Trigeri* et, pour cette raison, je la réunis à cette dernière espèce.

Spirifer daleidensis, Kayser, 1878, *Die Fauna d. ältest. Devon. Harz*, p. 174, pl. 35, figs. 4-7.

L'auteur figure quelques spécimens du Musée de Bonn, provenant des loca-

(1) Elle fait partie de la faune que M. Kayser a ultérieurement décrite sous le nom de "*faune hercynienne* .,"

(2) Figure de Giebel reproduite ici, pl. XV, fig. 4.

Sp. daleidensis, suite.

lités dont il est question dans la note qui précède. Il donne également un dessin de l'ornementation papillaire du test.

Il fait remarquer que l'exemplaire original du *Sp. dichotomus* de Wirtgen, conservé à Bonn, est identique au *Sp. daleidensis* et que la fig. 5 e, pl. 35 du *Sp. canaliferus* (1), représenté par Schnur, appartient également à cette espèce.

Il se pourrait, ajoute encore M. Kayser, que le *Sp. aperturatus* de la grauwaacke du Devonien ancien de Linton (Devonshire) décrit par Phillips, appartienne aussi au *Sp. daleidensis*.

Spirifer Jouberti, Oehlert et Davoust, 1879, *Devonien de la Sarthe* (Bull. Soc. géol. de France, 3^e sér. VII), p. 709, pl. XIV, figs. 5, 5 a (2).

Espèce créée pour un Spirifère du Devonien inférieur de Brûlon, “ *entièrement plissé et dont les plis, peu nombreux à leur point de départ, se multiplient par dédoublement pendant leur parcours; les nouveaux plis atteignent bientôt la grosseur de ceux qui les ont précédés et, parfois, se subdivisent eux-mêmes à leur tour. Le sinuset le bourrelet sont également couverts de plis dichotomes.* „

Je crois, avec M. Barrois, comme nous le verrons plus loin, que cette espèce peut difficilement être séparée du *Sp. daleidensis* de la grauwaacke de Daleiden.

Spirifer daleidensis, Béclard, 1887, *Foss. coblenziens de Saint-Michel* (Bull. Soc. belge de Géol. etc., I), p. 77, pl. 3, figs. 8-12.

L'auteur décrit et figure cette espèce d'après des moules et des empreintes de valves isolées provenant du Coblenzien de Saint-Michel et de Grupont.

Il reproduit une partie grossie du test pour montrer l'ornementation de cette coquille.

Spirifer daleidensis, Kayser 1889. *Die Fauna d. Hauptquartz. u. d. Zorger schiefer d. Unterharzes* (Abhandl. k. preuss. geol. Landes.,) pp. 27 et 84, pl. 1, figs. 5-6; pl. 10, fig. 11 et pl. 16, fig. 10.

L'auteur figure d'abord un fragment de moule interne d'une valve ventrale, provenant du Coblenzien supérieur de Daleiden et suffisamment caractérisé pour

(1) Reproduite ici, pl. XII, fig. II.

(2) Reproduites ici, pl. XII, figs. III.

Sp. daleidensis, suite.

reconnaître l'espèce. Il appartient à la collection de Steininger conservée au Musée du Service géologique de Prusse à Berlin et porte, du reste, une étiquette de la main même de Steininger (1).

Il signale, comme formes ayant des affinités avec le *Sp. daleidensis* : les *Sp. Jouberti*, Oehlert; *Trigeri*, de Verneuil; *Bischofi*, Giebel non F.-A. Roemer (2), et les fig. 5 et 7 de la pl. 35 de son *Altesten Devon. Fauna d. Harz*, de 1878, qu'il a indiquées déjà sous le nom de *Sp. daleidensis*.

M. Kayser figure ensuite : pl. 1, figs. 5 et 6, deux valves de jeunes individus provenant de Klostergrund, près de Michaelstein; la valve ventrale, fig. 5, a des plis latéraux simples, un large sinus avec un seul petit pli médian; la valve dorsale, fig. 6, possède également les plis latéraux simples et, seul, le bourrelet indique 3 plis.

Une autre figure, pl. 10, fig. 11, toujours désignée sous le nom de *Sp. daleidensis* et provenant de St-Andreasberg, a les côtes latérales simples et le bourrelet présentant des traces de bifidité. L'auteur fait remarquer que cette valve dorsale, qui fait partie de la collection des Mines de Clausthal, est l'original de la forme figurée sous le nom de *Orthis sp.* par F.-A. Roemer, in *Beitr. z. geol. Kenntn. nordw-Harzg.* 1852, II, pl. XI, fig. 3, et que ce spécimen porte la désignation de *Rhynchonella daleidensis* écrite de la main de Roemer.

J'ai pu constater, dans les séries étendues de notre Musée, que l'on rencontre parfois des moules sur lesquels les plis latéraux portent peu ou pas de traces de bifidité; j'en ai figuré un, de St-Michel (loc. cit., pl. 3, fig. 12), dans cet état de conservation, de sorte que les trois dernières figures de M. Kayser, auxquelles je viens de faire allusion, quoique s'écartant sensiblement du type, particulièrement les fig. 5 et 6, pourraient bien néanmoins appartenir à l'espèce de Steininger.

Spirifer Jouberti, Barrois, 1889. *Faune du Calcaire d'Erbray*, p. 142, pl. 9, fig. 8.

L'auteur assimile à cette espèce d'Oehlert et Davoust, une grande valve unique et incomplète, " *couverte sur les ailes et dans le sinus de plis une ou deux fois dichotomes*, „ qu'il a recueillie dans le Devonien inférieur de l'Ouest français.

Il incline pourtant à voir dans cette forme le Sp. daleidensis, dont " l'irrégularité de dichotomie des plis paraît constituer le caractère spécifique spécial. „

Je n'hésite pas à introduire ce *Sp. Jouberti*, dans la synonymie de l'espèce de l'Eifel.

(1) Reproduit ici, pl. XII, fig. I.

(2) F.-A. Roemer n'a ni décrit ni figuré cette forme. Il s'est borné à étiqueter, sous ce nom, un Spirifère de la collection de Bischof. C'est Giebel qui en a donné la diagnose accompagnée d'une figure et qui l'a par conséquent rendue publique.

Sp. daleidensis, suite.

* * *

Ainsi que le montre le résumé bibliographique qui précède, je range dans la synonymie :

Sp. canaliferus (pars),
Sp. dichotomus,
Sp. dubia,
Sp. undifera var. *undulata*,
Sp. Jouberti,

toutes formes possédant le caractère fondamental du type de Steininger.

J'ai figuré et décrit en détail, en 1887, le *Spirifer daleidensis*, d'après des spécimens recueillis dans le Hunsruckien de St-Michel et dans les schistes grossiers du Burnotien de Grupont; depuis lors, il a été trouvé dans le grès taunusien du gîte de Couvin déjà mentionné. J'ai pu examiner 130 moules et empreintes de valves isolées.

Cette forme est essentiellement caractérisée par les plis irrégulièrement dichotomes qui couvrent à la fois les côtés latéraux de la coquille, son sinus et son bourrelet. En outre, toute la coquille est traversée par de fines lamelles concentriques d'accroissement, anguleusement ondulées, très rapprochées, garnies de rangées de délicates papilles.

Les empreintes musculaires, non saillantes sur le plan de la grande valve, sont limitées, sur le moule interne, par deux fortes incisions latérales.

Je dois signaler que deux gîtes situés sur les feuilles de Chénée et de Limbourg, dans le Burnotien, ont fourni une quarantaine de moules et empreintes de valves qui possèdent tous des plis beaucoup plus fins que ceux des exemplaires provenant du Sud de la Belgique, mais présentant, au même degré que ceux-ci, le caractère fondamental de l'espèce *daleidensis*.

L'autonomie du *Sp. daleidensis* n'ayant pas été discutée, je crois inutile de retranscrire ici ma diagnose antérieure. Je me borne à reproduire, sur la planche XII, les figures, auxquelles j'ajoute des dessins de spécimens établissant l'existence de l'espèce dès le Taunusien.

Sp. daleidensis, suite.

Pl. XII

SPÉCIMENS DE L'ÉTRANGER

Série I à III, Figures types pour l'établissement de la synonymie.

SPÉCIMENS BELGES DES COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL
DE BRUXELLES

- FIG. 1. Grande valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, BURNOTIEN.
— *Feuille de Grupont*, n° 8688.
- 1a. Moule interne naturel de la même valve.
- 2. Petite valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte. BURNOTIEN.
— *Feuille de Grupont*, n° 8700.
- 3. Grande valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte. BURNOTIEN.
— *Feuille de Grupont*, n° 8700.
- 3a. La même, vue du côté de l'area.
- 3b. Partie grossie de la surface, pour montrer l'ornementation du test,
- 4. Grande valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, HUNSRUCKIEN
de *St-Michel*.
- 5. Moule interne naturel d'une petite valve. HUNSRUCKIEN de *St-Michel*.
- 6. Moule interne naturel d'une grande valve. TAUNUSIEN. — *Feuille de
Couvin*, n° 8724.
- 6a. Le même, vu du côté de l'area.
- 7. Moule interne naturel d'une petite valve, d'un autre individu. TAUNUSIEN.
— *Feuille de Couvin*, n° 8724.

* * *

Le *Sp. daleidensis* traverse, en Belgique, toute la série des couches du Coblenzien. Il est surtout abondant dans le Burnotien, immédiatement au-dessus des schistes rouges, dans les couches à *Pterinées* de M. Dupont correspondantes à la zone à *Sp. arduennensis* de M. Gosselet.

Spirifer Trigeri, de Verneuil.

Spirifer Trigeri, de Verneuil, 1850, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VII, p. 781.

L'auteur crée ce nom pour une forme du Devonien inférieur rencontrée à Brûlon, les Courtoisiers, Chassegrain (Sarthe) et la cite aussi de Sabero (Espagne).

Il en donne la courte diagnose suivante : “ *Voisin du Sp. Verneuili. Les plis sont moins fins; on en compte quatre à cinq au sinus et quinze à seize sur les côtés.* „

L'espèce n'est pas figurée.

Spirifer Trigeri, de Verneuil, in Tchihatcheff, 1854, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XI, p. 408.

Cité dans le Devonien au N.-E. de Feké (Asie Mineure), de la Sarthe (France), des Asturies et du royaume de Léon (Espagne).

Spirifer Trigeri, de Verneuil et Barrande, 1855, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XII, pp. 1016 et 1023.

Renseigné, à la base des dépôts devoniens du centre de l'Espagne, associé au *Sp. paradoxus* et au *Sp. subspeciosus*.

Spirifer Bischofi, Giebel, 1858, *Silur. Fauna Unterharz.*, p. 29, pl. 4, fig. 3.

L'auteur décrit et figure un Spirifère étiqueté sous ce nom par F. A. Roemer, dans la collection de Bischofs. Il en donne les caractères principaux suivants :

Coquille très renflée, un peu plus large que longue, arrondie, entièrement couverte de plis simples dont 4-5 sur le bourrelet et dans le sinus et 10-15 de chaque côté, traversés par des lamelles concentriques imbriquées. Ces plis ne sont qu'exceptionnellement divisés vers le bord palléal.

Cette forme provient du calcaire de Schneckenberg et de Badeholzes.

Le *Sp. Bischofi* présente donc les caractères propres du *Sp. Trigeri* et doit être rangé dans la synonymie.

J'ai cru devoir reproduire, pl. XV, fig. IV, la figure de Giebel, pour mieux en faire saisir les rapports avec le *Sp. Trigeri*.

Spirifer Trigeri, Tchihatcheff, 1864, *Le Bosphore et Constantinople*, p. 495.

Cité dans le Devonien.

Sp. Trigeri, suite.

Spirifer Trigeri, d'Archiac et de Verneuil, 1867, *Comptes rendus Acad. des Sciences Paris*, LXIV, p. 1219.

Cité dans le Devonien des rives du Bosphore.

Spirifer Trigeri, Tchihatcheff, 1867, *Asie Mineure*, vol. I, p. 520.

Simplement cité.

Spirifer Trigeri, de Verneuil, 1866-69, in Tchihatcheff, *Asie Mineure, Paléont.* p. 26 et *Appendice* p. 472, n° 2, pl. 21, figs. 1 a b (1).

L'auteur confirme sa détermination de 1850 en rappelant les analogies que présente cette forme avec le **Sp. Verneuili**, mais, *tandis que chez cette dernière espèce le caractère fondamental est exprimé surtout par le sinus couvert "de stries très nombreuses, plus fines que celles des côtés, se divisant et se subdivisant en s'éloignant du crochet", chez le Sp. Trigeri, les plis du sinus sont égaux à ceux des côtés, quelquefois même plus forts, sans dichotomie.*

"Sa distinction est utile en géologie, ajoute l'auteur, en ce que cette espèce caractérise l'étage inférieur du terrain devonien, de la même manière que le Sp. Verneuili en indique l'étage supérieur."

"On la trouve souvent dans les départements de la Bretagne, dans la Sarthe et à Néhou (Manche), ainsi que dans les marnes devoniennes inférieures de Sabero, province de Léon, Espagne."

de Verneuil signale cette fois 6-7 plis simples dans le sinus et 18-24 de chaque côté, couverts de stries transverses fines, régulières.

Spirifer Trigeri, Oehlert, 1877, *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, V, p. 596.

L'auteur assimile à cette espèce un échantillon provenant de La Baconnière (Mayenne), avec *"le bourrelet portant les six plis qui caractérisent le type de de Verneuil"*. M. Oehlert ajoute : *"Ces plis sont toujours simples et ils sont bien moins nombreux que dans le Sp. disjunctus."*

Spirifer Bischoff, Kayser, 1878, *Die Fauna d. älttest. Devon. Harz.*, p. 172, pl. 24, figs. 4-9; pl. 25, figs. 23, 24.

Forme caractérisée par l'existence de plis dans le sinus, sur le bourrelet et sur les côtés de la coquille, les plis latéraux *"se divisant vers le bord dans de*

(1) Reproduites ici, pl. XV, fig. I.

Sp. Trigeri, suite.

rare cas. „ Elle a donc, sous ce rapport, des analogies, dit l'auteur, avec le *Sp. daleidensis*. J'ajouterai qu'elle en a davantage encore avec le *Sp. Trigeri*.

La seule différence entre les deux espèces consisterait, d'après M. Kayser, sous réserves quant à l'état de conservation, dans l'absence, chez le *Sp. Bischofi*, de l'ornementation papillaire si caractérisée chez le *Sp. daleidensis*.

L'assimilation de cette espèce silurienne du Harz inférieur créée, décrite et figurée par Giebel en 1858, que M. Kayser signale dans le Devonien le plus inférieur de la même région (1), resterait donc douteuse par ce seul point de l'ornementation, mais nous savons que la présence du test dépend surtout de l'état de conservation de la coquille. La figure du type s'écarte notablement d'ailleurs du *Sp. daleidensis*.

Spirifer Trigeri, Barrois, 1882, *Asturies*, p. 258, pl. 10, figs. 6 a-d.

L'auteur décrit et figure (2) une coquille allongée transversalement, quelquefois de très grande taille, qu'il rapporte également au type de de Verneuil.

Il note 20 à 25 plis fins, aigus, sur les côtés ; 8 à 10 semblables dans le sinus, exceptionnellement dichotomes ; 7-9 sur le bourrelet dont 2-3 au plus se subdivisent sur le bord de la coquille. M. Barrois mentionne, en outre, une ornementation formée de " stries concentriques très marquées sur le bord de la coquille, et chargées de papilles élégantes sur les parties du test bien conservé. „

Ce *Spirifère* se rencontre dans le Calcaire d'Arnao et de Ferrônes (= grauwaacke de Hierges).

Spirifer Trigeri, Gosselet, 1886, *Tableau de la faune coblenzienne*, (Ann. Soc. géol. du Nord, XIII), p. 298.

Cité dans la grauwaacke de Montigny.

Spirifer Trigeri, Oehlert, 1889, *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, XVII, p. 780, pl. 21, fig. 2.

M. Oehlert décrit et figure "cette espèce caractéristique du Devonien inférieur de l'Ouest de la France. „ Elle est assez rare dans le calcaire à *Athyris undata* et, au contraire, abondante dans le niveau supérieur à *Sp. Pellicoi*; elle affecte des formes un peu différentes dans ces deux horizons. L'auteur remarque principalement le caractère des côtes au nombre de 6 à 8 dans le sinus ou sur le bourrelet, et de 25 à 27 de chaque côté de ceux-ci, traversées par de fines stries d'accroissement, onduleuses et très serrées. L'intercalation de côtes nouvelles est assez rare et encore cette addition n'a-t-elle ordinairement lieu que dans le sinus ou sur le bourrelet.

(1) Actuellement *Etage hercynien*.

(2) Les figures 6, a, b, d, sont reproduites ici, pl. XV, fig. II.

Sp. Trigeri, suite.

Spirifer Trigeri, Barrois, 1889, *Faune du Calcaire d'Erbray*, p. 136, pl. 9, figs. 3 a, b.

L'auteur figure deux valves isolées de cette espèce (1) qu'il a recueillies dans le calcaire gris et bleu (Taunusien) d'Erbray.

Leur forme, elliptique, est moins transverse que celle du Sp. Trigeri des Asturies; le bourrelet, qui se confond assez avec les parties latérales de la coquille, ne porte plus que 4 plis " peu saillants, égaux au bord frontal, et les ailes 17, anguleux, obtus, dans les parties pourvues du test, arrondis dans les points où le test fait défaut. "

Ainsi cette espèce paraît " présenter deux variétés différentes par le nombre des plis du bourrelet; elles se trouvent réunies, ajoute M. Barrois, à Gahard, dans le Coblenzien : la variété d'Erbray est identique à l'une de celles de Gahard. "

(1) Figures reproduites ici, pl. XV, fig. III.

*
* *

Le dépouillement de la bibliographie, et les spécimens belges le confirment, établit que nous avons affaire ici à une seconde forme coblenzienne, entièrement couverte de plis; mais ces plis sont réguliers, restent simples sur les parties latérales de la coquille et sont *rarement* divisés, vers le bord palléal, sur le bourrelet et dans le sinus. Elle diffère donc profondément du *Sp. daleidensis*, puisque nous venons de voir que cette dernière espèce est caractérisée par ses plis irréguliers et dichotomes sur toute la surface des valves.

Nous avons vu aussi que le *Sp. Trigeri* diffère du *Sp. Verneuili*, du *Devonien supérieur* : celui-ci a les côtes du bourrelet et du sinus plus fines que celles des ailes et toujours bifurquées.

J'ai indiqué, dans le résumé bibliographique, pour quelles raisons je range dans la synonymie du *Sp. Trigeri*, le *Sp. Bischofi* de Giebel.

MM. Barrois et Oehlert ont fait remarquer, que le *Sp. Trigeri* varie dans la forme et le nombre de plis dont il est couvert. Quoique ces variations ne puissent avoir — et les autres formes examinées dans ce travail en témoignent — de valeur spécifique, il m'a paru être plus complet en ce qui concerne la façon d'envisager l'espèce, en résumant, par le tableau suivant, les écarts constatés dans une forme rapportée cependant au même type par les auteurs qui ont eu à s'en occuper. Encore une fois, ici, le nombre des plis latéraux varie à peu près du simple au double (1).

(1) Comme chez le *Sp. hystericus* et chez le *Sp. subcuspidatus* (Voir pp. 165 et 175).

Sp. Trigeri, suite.

<i>Sp. Trigeri</i>				<i>Sp. Bischofi</i>			
de Verneuil 1850	de Verneuil 1866	Oehlert 1877	Barrois 1882	Barrois 1889	Oehlert 1889	Giebel 1858	Kayser 1878
<i>pas indiquée.</i>	<i>Subquadrangulaire, rarement triangulaire et transverse.</i>	<i>pas indiquée.</i>	<i>allongée transversalement.</i>	<i>elliptique transverse (1)</i>	<i>pas indiquée.</i>	<i>très renflée, un peu plus large que longue, arrondie.</i>	<i>assez fortement bombée, rond, transverse.</i>
<i>4-5 plis.</i>	<i>6-7 plis simples.</i>	<i>6 plis simples.</i>	<i>8-10 plis exceptionnellement dichotomes.</i>	<i>pas indiquée.</i>	<i>6-8 plis rarement dichotomes.</i>	<i>4-5 plis simples.</i>	<i>pas indiquée.</i>
<i>pas indiquée.</i>	<i>pas indiquée.</i>	<i>pas indiquée.</i>	<i>7-9 plis dont 2-3, au plus, se subdivisent vers le bord de la coquille.</i>	<i>4 plis.</i>	<i>6-8 plis rarement dichotomes.</i>	<i>4-5 plis simples.</i>	<i>pas indiquée.</i>
<i>15-16 plis.</i>	<i>18-24 plis simples.</i>	<i>pas indiquée.</i>	<i>20-25 plis fins, aigus.</i>	<i>17 plis anguleux ou arrondis.</i>	<i>25-27 plis simples, subarrondis.</i>	<i>10-15 plis simples. Les plis exceptionnellement divisés vers le bord.</i>	<i>8-14 plis simples, rarement divisés vers le bord.</i>

Forme*Nombre de plis dans le sinus**Nombre de plis sur le bourrelet**Nombre de plis latéraux (2)*

- (1) Les figures montrent une forme plutôt semi-circulaire.
 (2) Nombres à doubler pour la valve entière.

Sp. Trigeri, suite.

Les spécimens belges peuvent être définis ainsi :

Coquille de taille moyenne, de forme semi-circulaire ou quelque peu transverse suivant l'état de compression qu'elle a subie ; la plus grande largeur se trouvant un peu plus bas que la charnière ;

grande valve avec sinus assez large, à fond arrondi, pas très profond, garni de 5-6 plis simples ;

area assez élevée, avec l'ouverture deltoïdienne triangulaire, large à la base et dont le sommet est caché par le crochet bien prononcé et recourbé à son extrémité ;

plis latéraux simples au nombre de 14-16, assez prononcés, arrondis quand ils sont découverts, plus anguleux lorsque la coquille est conservée.

Des fragments de petites valves montrent un bourrelet déformé par la compression, mais il devait être, dans son état normal, assez accentué, large, arrondi et couvert, comme le sinus, de 5 ou 6 plis simples ; les plis latéraux sont au nombre de 13 sur la valve représentée figure 4.

Les moules de la grande valve possèdent une grande impression musculaire déprimée dans sa partie médiane et parfois fissurée comme le montre la fig. 3a. Elle est délimitée de chaque côté et sur toute la longueur par deux profondes incisions. L'empreinte musculaire de la fig. 6a ne montre pas la fissure centrale et dépasse le bord cardinal.

Les deux spécimens figs. 1 et 2 ont été écrasés ; ils se trouvaient, associés à la *Leptæna Murchisoni*, dans une roche excessivement dure comme le quartzite, et non altérée. Aucun des échantillons que j'ai examinés n'a le test assez bien préservé pour me permettre de constater l'ornementation constituée, d'après les auteurs cités, par de fines stries d'accroissement imbriquées et bordées de papilles.

J'ai fait figurer :

Pl. XV.

SPÉCIMENS DE L'ÉTRANGER.

Série I à IV. Figures types pour l'établissement de la synonymie

SPÉCIMENS BELGES DES COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL DE BRUXELLES.

- FIG. 1. Grande valve, HUNSRUCKIEN. — *Feuille de Grupont*, n° 8698. — *Loc. Mirwart*.
 — 2. Grande valve d'un autre individu. HUNSRUCKIEN. — *Feuille de Grupont*, n° 8698.

Sp. Trigeri, suite.

- FIG. 3. Grande valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, d'un autre individu. HUNSRUCKIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8723.
- 3a. Moule interne naturel de la même valve.
 - 4. Fragment de la petite valve d'un autre individu. HUNSRUCKIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8723.
 - 5. Grande valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte, d'un autre individu. HUNSRUCKIEN. — *Feuille de Couvin*, n° 8723.
 - 5a. La même, vue du côté de l'area.
 - 6. Grande valve, d'après un moule artificiel pris dans l'empreinte. AHRIEN. — *Feuille de Mormont*, n° 8565.
 - 6a. Moule interne naturel de la même valve.

* * *

Le *Sp. Trigeri* n'a été rencontré jusqu'ici en Belgique que dans le Hunsrucken et dans l'Ahrén; il y est assez rare.

Au moment de terminer l'impression de mon travail, je reçois la 2^e livraison du tome XXII des *Annales de la Société géologique de Belgique*, renfermant, p. 175, un Mémoire de M. le professeur E. Kayser intitulé « *Sur une faune du sommet de la série rhénane à Pepinster, Goé et Tilff* » (1).

Parmi les fossiles recueillis dans un horizon appartenant à la partie supérieure du Poudingue de Burnot et dont la faune présente le caractère du Devonien inférieur et a été rapportée par M. Dewalque au niveau des schistes de Bure ou de Hierges (2), M. Kayser reconnaît :

- le *Sp. subcuspidatus*, Schnur, var. *alata*, Kayser;
- le *Sp. daleidensis*, Steininger;
- le *Sp. Trigeri*, de Verneuil;

trois espèces que je viens d'examiner et dont l'existence, dans le Coblenzien belge, se trouve ainsi confirmée une fois de plus.

J'ai rangé, dans la synonymie du *Sp. daleidensis* (3), le *Sp. Jouberti* du Devonien inférieur de la Sarthe, dont M. Kayser signale, p. 206, les affinités avec le *Sp. Trigeri*; la dichotomie irrégulière et très accusée des côtes latérales, qui rappelle les faisceaux de plis du *Sp. daleidensis*, m'a amené à réunir ces deux formes. MM. Oehlert

(1) Ce Mémoire a été déposé à la séance du 16 juin 1895.

(2) Couches de Bure pour M. Kayser.

(3) Voir p. 222.

et Davoust (loc. cit. p. 221), complètent du reste ce qui pourrait laisser de doute dans le seul examen de la figure qu'ils en ont donnée, en disant que « *ces plis, peu nombreux à leur point de départ, se multiplient par dédoublement pendant leur parcours; les nouveaux plis atteignent bientôt la grosseur de ceux qui les ont précédés et parfois se subdivisent eux-mêmes à leur tour. Le sinus et le bourrelet sont également couverts de plis dichotomes.* »

Chez le *Sp. Trigeri*, au contraire, « *les côtes restent simples sur toute la surface des valves, sauf le cas, assez rare, de l'intercalation de côtes nouvelles; encore cette addition n'a-t-elle ordinairement lieu que dans le sinus ou sur le bourrelet* » (1).

C'est ce que confirment, à leur tour, les spécimens du Coblenzien belge que je viens de décrire.

(1) Cité d'après M. Oehlert, *Devonien d'Angers* (Bull. Soc. géol. de France, 3^e série, t. XVII, 1889), p. 780, pl. 21, fig. 2, et ici, p. 227.

CONCLUSIONS

En résumé, après avoir réuni les documents publiés sur les Spirifères de la partie du Devonien inférieur appelée Coblenzien et y avoir combiné l'étude des très nombreux spécimens recueillis par notre Musée, à tous les niveaux stratigraphiques, dans les couches de la même époque en Ardenne, je suis amené aux conclusions suivantes :

A

Je constate, en Belgique, la présence de huit types spécifiques très distincts, séparés les uns des autres *sans transition ni intermédiaires*.

Le grand nombre de spécimens belges, encore rappelé ci-dessus, a pu être rapporté sans hésitation à chacun de ces types, quel que fût leur état de conservation et la nature de la roche.

A ce seul point de vue, la définition de ces huit formes atteint donc le but que je poursuivais et fournit la justification qu'elles représentent réellement autant de groupes naturels distincts, quoique susceptibles de varier dans d'étroites limites, les caractères fondamentaux des types restant constamment saufs.

B

S'il m'a été possible de condenser en huit espèces une trentaine de formes décrites sous des noms variés et non susceptibles d'être maintenues, je dois insister de nouveau sur la circonstance que ces sortes d'études, toutes d'appréciation, réclament en première ligne des séries très étendues, méthodiquement recueillies avec les ressources que les Musées seuls peuvent fournir.

C

Deux autres formes de Spirifères pouvaient être adjointes aux huit espèces que je viens de décrire : ce sont le *Sp. curvatus* et le *Sp. speciosus*. Mais, comme ils n'apparaissent que dans les couches coblenziennes supérieures ayant déjà un aspect faunique couvinien et qu'ils prennent de l'importance dans le Devonien moyen, ils seront examinés ultérieurement avec les Spirifères de cette époque.

D

Ce qui distingue essentiellement ces huit espèces et par conséquent ce qui donne au groupe des Spirifères coblenziens son caractère sail-

lant, c'est que toutes sont des formes à côtes latérales bien prononcées. On n'y rencontre pas, à l'exception de ce *Sp. curvatus* précité, les Spirifères sans côtes, qui prennent un développement marqué dans les séries stratigraphiques supérieures.

E

Nous constatons encore, et cette observation confirme et précise une remarque signalée par M. Gosselet dès 1860 (1), la tendance des Spirifères coblenziens à avoir un sinus et un bourrelet sans plis, c'est-à-dire lisses.

De nos huit espèces, cinq sont dans ce cas ; la sixième, le *Sp. paradoxus* possède dans le fond du sinus une crête longitudinale médiane ; la septième, le *Sp. daleidensis*, a le bourrelet et le sinus couverts de plis bifurqués ; la huitième, le *Sp. Trigeri*, a le bourrelet et le sinus également couverts de plis, ceux-ci restant généralement simples.

F

Il y a encore lieu de noter que ces huit espèces semblent avoir eu l'ornementation du test uniforme.

Nous avons pu constater directement de fines lamelles d'accroissement frangées de papilles, sur les *Sp. primævus*, *hystericus*, *cultrijugatus* et *daleidensis* ; Schnur les mentionne sur le *Sp. arduennensis* (*loc. cit.* p. 177), M. Barrois sur le *Sp. Trigeri* (*loc. cit.* p. 227). Les *Sp. subcuspidatus* et *paradoxus* ont également le test recouvert de fines lamelles concentriques imbriquées, mais aucun auteur ne signale de papilles et nos échantillons belges n'ont pas présenté les conditions propres à fournir cette observation.

G

Enfin, nous devons aussi mentionner, au point de vue de la distribution dans le temps, que ces huit Spirifères ne traversent pas uniformé-

(1) *Observations sur les terrains primaires de la Belgique et du nord de la France* (Bull. Soc. géol. de France, 2^e série, t. XVIII, 1860-61,) p. 23 :

« Le genre Spirifer est certainement l'un des plus abondants du terrain devonien, et ses nombreuses espèces servent à en distinguer les étages. On a remarqué que presque tous les Spirifères que l'on trouve depuis la limite inférieure du terrain devonien jusqu'à la partie supérieure des schistes à Calcéoles, appartiennent au groupe qui a pour type le *Sp. ostiolatus*, c'est-à-dire qu'ils ont le sinus et le bourrelet dépourvus de plis... »

ment le Coblenzien. Les uns sont localisés ou dans la partie inférieure ou encore dans la partie moyenne ou bien dans la partie supérieure.

Le *Sp. daleidensis* traverse toute l'épaisse série des couches ; ses plis semblent devenir plus fins dans les niveaux supérieurs.

Le *Sp. hystericus* a la même extension verticale et, lorsqu'il apparaît dans le Taunusien, il présente un caractère secondaire qui le classe à l'état de variété stratigraphique.

H

M. Gosselet insistait, en 1891, sur l'opportunité de distinguer au besoin par un nom spécifique, les variétés, même minimales, aidant, comme cette dernière, à caractériser un horizon déterminé.

« Quand une forme se trouve localisée à un certain niveau, dit-il (1), il est bon de lui donner un nom spécifique particulier, même lorsqu'on la sépare difficilement des formes voisines. On trouvera que c'est illogique ; mais en histoire naturelle et surtout en nomenclature il ne faut pas se confiner dans une rigueur absolue. On peut quelquefois, sans inconvénients et même avec avantage, faire plier la règle devant l'utilité pratique. »

D'autre part, l'art. 2 des *Règles adoptées par les Congrès de zoologie de 1889-1890*, est ainsi conçu : « Dans les cas spéciaux où il est utile de distinguer des variétés, l'adjonction d'un troisième nom à ceux du genre et de l'espèce est permise. »

Ces deux points de vue me paraissent se compléter en se combinant.

La distinction des formes variant suivant leur niveau est indispensable, nous venons d'en avoir une nouvelle preuve. Mais quand ces variations n'ont pas, au point de vue zoologique pur, l'importance des caractères des formes spécifiques proprement dites, il suffit, pour y donner satisfaction, de leur appliquer la nomenclature trinominale prévue par le congrès de 1889.

C'est à ce système que je me suis rallié et il m'a amené à introduire le nom de *Sp. hystericus Gosseleti* à côté du *Sp. hystericus* type.

I

Le tableau ci-contre reproduit le groupement zoologique et la répartition stratigraphique de nos huit formes coblenziennes.

(1) Étude sur les variations du *Spirifer Verneuili* (Mém. Soc. géol. du Nord, Tome IV,) p. 6, 1894.

TABLEAU

INDIQUANT LE GROUPEMENT ZOOLOGIQUE

et la répartition stratigraphique des huit espèces de *Spirifères*

du

COBLENZIEN BELGE

Coblénzien	Burnotien	{ Couches à <i>Sp. cultrijugatus</i>	
		{ Couches à <i>Ptélinées</i> et à <i>Sp. arduennensis</i> .	
		{ Schistes rouges à <i>Sp. subcuspidatus</i>	
		{	
	Ahrien		
	Hunsrückien		
	Taunusien		

à bourrelet et sinus dépourvus de plis.		<i>Sp. primævus.</i>	×	×
		<i>Sp. hystericus.</i>	×	
		<i>Sp. hystericus</i> Gosselet.		×
		<i>Sp. subcuspidatus.</i>	×	×
		<i>Sp. arduennensis.</i>	×	×
		<i>Sp. cultrijugatus.</i>	×	
à bourrelet lisse et sinus plissé.		<i>Sp. paradoxus.</i>	×	×
		<i>Sp. daleidensis.</i>	×	×
		<i>Sp. Trigert.</i>	×	×
à bourrelet et sinus à plis dichotomes.				
à bourrelet et sinus à plis simples.				

TOUS PLISSÉS SUR LES AILES :

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

SPIRIFÈRES DÉCRITS OU CITÉS DANS LE PRÉSENT MÉMOIRE

<i>Sp. acuminata</i>	p. 183.
<i>Sp. acuminatus</i>	pp. 183, 184, 185, 193, 194.
<i>Sp. antiqua</i>	pp. 177, 179.
<i>Sp. aperturatus</i>	pp. 219, 221.
<i>Sp. arduennensis</i>	pp. 135, 177 à 181, 197, 203, 210, 212.
<i>Sp. auriculatus</i>	pp. 160, 183, 185, 186 à 191, 193 à 195, 197, 198.
<i>Sp. Beaujeani</i>	pp. 141, 142, 143, 144, 145, 146.
<i>Sp. Belouini</i>	pp. 151, 157, 158, 162.
<i>Sp. Bischofi</i>	pp. 220, 222, 225, 227, 228, 229.
<i>Sp. canaliferus</i>	pp. 219, 221, 223.
<i>Sp. carinatus</i>	pp. 150, 151, 152, 154, 157, 158, 160, 161, 162, 171, 185.
<i>Sp. concentricus</i>	p. 135.
<i>Sp. cultrijugatus</i>	pp. 135, 137, 138, 139, 143, 151, 160, 182 à 198.
<i>Sp.</i> — <i>mut. auriculatus</i> .	p. 189.
<i>Sp.</i> — <i>var. acuminata</i> .	p. 189.
<i>Sp.</i> — <i>var. excavata</i> .	pp. 189, 193.
<i>Sp. curvatus</i>	p. 135.
<i>Sp. cuspidata</i>	pp. 169, 170, 173.
<i>Sp. Cytherea</i>	pp. 150, 157, 158, 162.
<i>Sp. daleidensis</i>	pp. 135, 219 à 224, 227, 228, 231.
<i>Sp. Decheni</i>	pp. 137, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146.

- Sp. dichotomus* pp. 219, 220, 221, 223.
Sp. dubia pp. 220, 223.
Sp. dunensis pp. 213, 214, 215.
Sp. elegans pp. 153, 156, 171, 179.
Sp. excavatus pp. 155, 162.
Sp. fallax p. 143.
Sp. Gosseleti pp. 159, 161, 165, 166.
Sp. Hercyniæ pp. 203, 204, 208, 215.
Sp. hystericus pp. 135, 148 à 168, 169, 170, 171,
174, 175, 197, 204, 206, 207,
209.
— *Sp. hystericus Gosseleti* pp. 167, 168.
Sp. ignoratus pp. 191, 192, 193, 194, 195.
Sp. Jouberti pp. 221, 222, 223, 231.
Sp. lævicosta pp. 153, 154, 155, 156, 157, 162.
Sp. laminosa pp. 149, 162.
Sp. latestriatus p. 143.
Sp. macropterus pp. 137, 143, 152, 154, 199, 20
à 209, 212 à 215.
Sp. — var. *micropterus* . p. 204.
Sp. — var. *mucronatus* . p. 204.
Sp. — ? var. *microptera* . p. 206.
Sp. mediotextus pp. 169, 170.
Sp. micropterus pp. 148, 150, 151, 152, 154, 156,
158, 160, 161, 169, 199, 204.
Sp. mucronata pp. 202, 204.
Sp. ostiolatus pp. 149, 150, 153, 156, 157, 158,
160, 162, 170.
Sp. paradoxoïdes pp. 138, 140, 143, 178, 210.
Sp. paradoxus pp. 135, 139, 177 à 181, 199 à 218.
Sp. — var. *Hercyniæ* . pp. 211, 215.
Sp. Pellico pp. 201, 202, 205 à 211, 214, 215,
216.
Sp. — var. p. 205.
Sp. phalæna pp. 212, 215.
Sp. pollens pp. 203, 204, 208.

- Sp. primævus** pp. 135, 137 à 147, 184, 186, 197,
210, 212.
- Sp. prohystericus* pp. 159, 162.
- Sp. Quichua* p. 143.
- Sp. Rousseau* pp. 149, 150, 151, 154, 155, 157,
158, 159, 162, 163, 207.
- Sp. socialis* pp. 138, 139, 143.
- Sp. speciosus* pp. 135, 161, 162, 199, 200, 201,
204, 206, 207, 210, 211, 215.
- Sp.* — *alatus* pp. 200, 210, 215.
- Sp.* — *comprimatus* p. 158.
- Sp.* — *var. decemplicatus* . p. 204.
- Sp. subcuspidatus** pp. 135, 153, 156, 169 à 176.
- Sp.* — *var. alata* pp. 170, 171, 172, 174, 231.
- Sp. tricornis* p. 149, 162.
- Sp. Trigeri** pp. 135, 220, 222, 225 à 232.
- Sp. undifera* *var. undulata* . . . pp. 220, 223.
- Sp. Venus* pp. 149, 150, 155, 157, 158, 162,
163.
- Sp. Verneuili* pp. 134, 149, 226, 228.
-

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.	p. 129
Résumé critique de la bibliographie. — Synonymie. — Description :	
<i>Sp. primævus</i>	137
— <i>hystericus</i>	148
— <i>subcuspidatus</i>	169
— <i>arduennensis</i>	177
— <i>cultrijugatus</i>	182
— <i>paradoxus</i>	199
— <i>daleidensis</i>	219
— <i>Trigeri</i>	225
Conclusions	233
Table alphabétique des Spirifères décrits ou cités	237

HYDROLOGIE DES BASSINS ROCHEUX DE BELGIQUE

EXAMEN DES OPINIONS CONTRADICTOIRES ÉMISES A CE SUJET

PAR

Théod. Verstraeten

Ingénieur.

Depuis 1891, la question de la circulation des eaux dans les terrains rocheux est à l'ordre du jour de notre Société, et jusqu'ici, malgré tout le travail accompli, nous n'avons abouti qu'à l'expression d'opinions les plus divergentes, ainsi qu'en témoigne fidèlement l'excellent compte rendu de M. le capitaine du génie Willems de nos excursions dernières.

En effet, tandis que les uns déclarent indispensable le fonctionnement d'immenses emmagasineurs d'eaux souterraines dans les massifs à sources volumineuses et constantes; les autres, comme l'honorable M. Dupont dans sa récente et substantielle étude, nient jusqu'à l'existence, dans les calcaires du Condroz, si riches en eaux permanentes, de toute couche aquifère, de toute nappe liquide.

Il ne nous est pas permis de demeurer en l'état.

Pourquoi d'ailleurs n'arriverions-nous pas à voir du même œil les faits hydrologiques les plus considérables, les plus sûrement contrôlables?

Il ne s'agit pas ici d'une théorie de métaphysique sur laquelle les docteurs les plus graves peuvent dissenter à l'infini sans jamais se rencontrer; non, il s'agit au contraire d'un sujet de physique proprement dite, d'un problème d'hydraulique, question très simple, *pourvu qu'on en possède les données essentielles.*

DONNÉES NÉCESSAIRES.

Tout est là. — Quelles sont donc ces données nécessaires ?

Naguère, Messieurs, vous redigeâtes un programme pour les déterminations de cette sorte.

Ce programme vous l'admîtes à l'unanimité, et vous savez qu'il reçut bon accueil à l'étranger.

Conséquemment voilà une base sérieuse d'entente; commençons par nous y grouper; et rappelons brièvement que, pour apprécier l'hydrologie d'une contrée quelconque, il faut en connaître :

Le climat;

La topographie;

La géologie;

L'état physique et chimique des terrains en tous sens;

La circulation des eaux à la surface et dans le sein de la terre;

Les débits et qualités des rivières et des sources, en tout temps, et surtout aux périodes les plus longuement arides.

Possédons-nous toutes ces informations ?

Peu de pays sont mieux éclairés que le nôtre sur le *climat* et sur la *géologie*.

Cependant, pour devenir scientifiques, les renseignements devraient être la représentation exacte de *ce qui est* en tous points comme à toute époque, et cette rigueur mathématique étant irréalisable en fait, force nous est, même pour ces deux objets, comme pour toutes les branches d'application, de verser dans les échappatoires dites de « sécurité. »

L'*orographie* de nos zones, rendue par les belles cartes du Dépôt de la Guerre, est aussi satisfaisante qu'on peut le souhaiter pour la pratique qui nous concerne.

L'*état physique et chimique des terrains*, les éléments qui les composent sûrement, leurs degrés de perméabilité et leurs solutions de continuité à toutes profondeurs, sont des conditions de premier ordre qui ne sauraient être directement constatées partout, pour l'appréciation desquelles il nous faut procéder par déduction, et c'est ce qui nous conduit aux premières divergences.

La *circulation superficielle des eaux* dans un bassin quelconque peut paraître aisée à établir, puisque tous les points extérieurs se livrent à nos investigations; elle doit paraître telle s'il ne s'agit que de l'endroit que nous occupons et du moment où nous observons; mais la difficulté gît dans l'intégration des faits relatifs à tous les moments et à tous les endroits; d'où nouvelle occasion d'hypothèses à poser.

La connaissance de la circulation souterraine des eaux est une conséquence immédiate de tout ce qui précède. Dès lors, comment se meuvent-elles en sous-sol? Savons-nous comment elles cheminent, s'arrêtent, s'emmagasinent, se décantent, s'élaborent? Sans doute les nivellements hydrographiques avec l'aide des sources, des puits, des affleurements liquides de toutes sortes, donnent toujours des indications précieuses, capables d'éliminer beaucoup d'indeterminées; mais ils sont parfois difficiles et coûteux; pour être satisfaisants ils doivent se prolonger pendant des années consécutives et fixer les oscillations extrêmes des nappes aquifères. Toutes ces informations, quand on les recherche, ne s'obtiennent donc jamais que partiellement, et, encore une fois, nous retombons dans les supputations hypothétiques.

Quant au régime des eaux : les débits, compositions, températures, si variables des rivières et des sources, notre ignorance est grande.

Je ne reviendrai pas sur ce que j'en ai dit dans mon dernier exposé à la Société, mais il est utile pour ma thèse de rappeler à ce propos :

Que dans nos régions *quartzo-schisteuses*, un seul petit bassin, celui de la Gileppe, a fait l'objet d'observations sérieuses;

Qu'il a fourni, en période exceptionnellement sèche, un rendement à l'hectare-jour réduit à un tiers de metre cube d'eau limpide, mais non purgée de matières organiques;

Que dans nos régions *calcaires*, les seuls bassins bien étudiés ont été ceux du Bocq et du Hoyoux;

Et qu'en période extraordinairement aride, ils ont produit respectivement $4 \text{ m}^3 \frac{1}{4}$ et 5 m^3 de bonne eau connue.

Voilà, Messieurs, nos ressources d'appréciations hydrologiques; elles manquent trop comme quantité et qualité pour mériter le titre de données scientifiques; et il faudra en user avec d'autant plus de circonspection.

OPINIONS DIVERSES SUR L'ÉTAT DE DIVISION DES BASSINS.

Cela dit, arrivons à la confrontation de nos opinions divergentes, en commençant par celles qui se rapportent à l'état de division externe et interne des terrains.

Nous sommes évidemment d'accord pour constater *l'extrême division du sol*.

Nous le sommes encore pour dire que l'action météorologique *délite* les affleurements rocheux; mais déjà nous cessons de l'être sur le plus ou moins de profondeur du délitement.

Selon M. Dupont cet état de fractionnement de la roche subsiste

jusqu'à dix mètres dans nos schistes, et se restreint à un mètre environ dans nos calcaires résistants du Hoyoux, du Bocq et de Han-Rochefort.

Je pense que, généralisées, ces indications tombent dans l'exagération.

D'ailleurs l'important, en hydrologie, est de savoir jusqu'où va, non pas le délitement quelconque, mais celui qui demeure effectif pour la traversée des eaux.

Viennent les *joints de stratifications* et les *diaclasses* ou cassures qui leur sont normales. Ces solutions de continuité de la matière proprement dite de la roche règnent du haut en bas des massifs ; mais, selon l'honorable M. Dupont, les parois primitivement séparées sont ressoudées dans le calcaire, tandis que dans les roches de nature schisteuse la disjonction persisterait davantage.

Encore une fois il y a là, je pense, exagération, et l'observation directe des parois à toutes profondeurs, dans les entonnoirs, les tranchées, les puits, les carrières, les travaux miniers, les charbonnages ne confirment pas semblable assertion.

Ces joints et diaclasses très multipliés, tantôt libres, tantôt chargés de dépôts terreux, graveleux, rocailleux, réalisent soit de simples canaux, soit des filtres, soit des conduits bouchés d'une manière étanche. Ils présentent çà et là des *épanouissements* : *cavités, grottes, cavernes*, qui parfois atteignent des proportions énormes, et M. Dupont les estime « *innombrables* ».

Enfin ces évidements, qui se retrouvent jusqu'à plus de cent mètres en contre-bas des plateaux, lorsqu'ils prennent d'amples proportions, rompent l'équilibre dans les terrains les plus résistants, et, ainsi qu'il advient dans les régions charbonnières, des *effondrements*, qui ouvrent ou dégagent les solutions de continuité anciennes, se produisent et provoquent les cassures les plus compliquées, sillonnant en tous sens les masses les plus gigantesques pour exagérer encore leur état de division préexistant.

Alors que nous découvrons des excavations nombreuses et très importantes dans certains de nos calcaires, nous ne les retrouvons pas dans d'autres, voisins. Elles se rencontrent aussi dans les grès et dans les quartzo-schisteux résistants, mais on ne les signale point dans les schistes, ni dans les craies, ni dans les tufeaux, ni dans les terrains mixtes comme les couches bruxelliennes et paniseliennes, à cause évidemment de leur défaut de consistance permanente.

En somme nous ne demandons pas mieux, mes confrères en hydrologie et moi, que d'admettre tels quels les enseignements de géologie

générale de M. Dupont ; mais nous ne comprenons plus quand il arrive au détail qui touche l'hydrologie ; quand malgré les cavités qu'il annonce *innombrables* et qui supposent des joints, des diaclases, des cassures d'effondrement bien plus innombrables encore, il refuse aux roches calcaires un état de division effective moins avancé, moins profond que dans les schistes ; et nous ne comprenons pas davantage quand on exprime que ces solutions de continuité, bien qu'innombrables et s'entrecroisant dans toute l'étendue de ces massifs, ne communiquent pas entre elles.

Nous sommes là en opposition complète avec l'honorable membre.

CONDUITE ET ACTION DES EAUX.

Tels sont, suivant les opinions énoncées, les dispositifs hydrologiques ; suivons-y les eaux ; observons leur conduite et leurs effets chimiques et physiques.

Pour cela il convient de rappeler que l'eau de pluie, relativement très pure dans les régions élevées de l'atmosphère et imprégnée de ses gaz, se souille à l'approche de nos campagnes et surtout de nos villes, au point d'accuser jusque 4°, 6, même 10° hydrotimétriques et 20 mmgr. au litre de matières organiques.

Ces teneurs s'exagèrent considérablement au contact du sol comme à la traversée de la couche superficielle d'où se dégagent, notamment, les acides carbonique et sulfhydrique ; et c'est littéralement à l'état de purin que les pluies absorbées se présentent aux couches sous-jacentes, à leurs portions délitées de la manière dite.

Ces liquides descendent ainsi dans les conduits inférieurs isolés ou combinés, dont les sections et les trajets varient à l'infini.

Ils ont ou n'ont pas d'issue. Dans ce dernier cas ils se bouchent et s'annulent à la longue. Dans le premier cas un écoulement s'y produit dans des limites de vitesse très étendues.

Si la vitesse est infime et si en même temps chaque élément liquide trouve le contact intime, très prolongé, de la matière rocheuse, ce qui toujours se produira dans des canaux de l'espèce capillaire, alors l'eau doit se décanter et s'élaborer, comme dans la traversée des couches terreuses et l'on se trouve en présence de *filtrations*.

Si au contraire l'eau chemine avec rapidité dans des conduits larges, elle en désagrègera physiquement les parois, entraînera de leur substance solide et ne s'élaborera que dans des conditions défectueuses : nous aurons à faire à des *ruissellements*.

Dans tous les cas quelconques, l'eau obéissant à la gravité descen-

dra jusqu'à ce qu'une barrière s'y oppose, et elle s'emmagasinera en masses plus ou moins considérables suivant l'état des choses souterraines.

Ce seront autant de couches aquifères, supérieurement limitées par des nappes, et cela se passera de la sorte dans n'importe quel système.

Toute la différence c'est que, dans le système des canaux communicants et sillonnant tout le massif, il pourra se former dans chaque cuve imperméable une couche aquifère générale, d'immense volume ; tandis que dans le système des canaux non communicants et peu profonds, il ne se créera que de petits réservoirs, plus ou moins nombreux, mais en somme de très peu d'importance relative.

Quoi qu'il en soit, les nappes liquides telles quelles ne s'élèveront pas indéfiniment, et il arrivera un moment où elles atteindront la surface, soit au fond des vallées, soit en d'autres points de leurs bassins.

En dehors de ces formations aquifères, on peut imaginer comme on l'a fait, des conduits étanches très développés, partant en aiguille des plateaux, traversant les délitements, les cassures d'effondrements, les joints de stratification, les diaclases, et siphonnant au besoin dans les réserves de tous systèmes, pour revenir au jour d'une façon quelconque : cela n'est pas impossible ; mais de tels phénomènes, s'ils existent, sont extrêmement rares, doivent s'accuser par leur étrangeté même ; ils n'ont pas été signalés d'ailleurs et ne représenteraient somme toute que des extensions souterraines des vallées extérieures.

Quelles que soient les roches et leur nature, leur état de division externe et interne ne reste pas immuable à travers les âges, et la simple circulation des eaux, lente, minuscule, mais éternelle, suffit à y apporter parfois des modifications hydrologiques profondes.

C'est ce que nous allons reconnaître successivement pour les grès, schistes, quartzo-schisteux et calcaires auxquels nous avons à faire dans nos régions considérées.

La roche la plus simple c'est le *grès*, qui n'est jamais pur, pas plus que les autres.

Physiquement le grès est dur, résistant, non délayable ; chimiquement, l'eau ne le dissout qu'en infime proportion.

La pluie, déjà légèrement acidule qui tombe sur les zones de cette nature, ne dépasse guère 2° dans les campagnes.

Quand elle sort du terrain elle titre rarement plus de 2 à 3° supplémentaires, et recèle de l'acide silicique à très petite dose.

De la matière siliceuse et alcalino-terreuse est donc enlevée à la roche, en mesure extrêmement réduite ; mais à chaque siècle suffisant sa peine, des évidements ont dû à la fin s'y produire, s'élargir et persister.

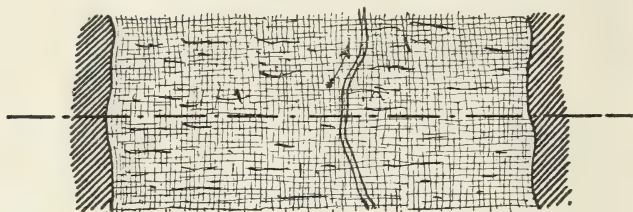
Dans la première phase, et l'eau circulant avec une extrême lenteur dans des fissures de l'espèce capillaire, c'est l'action chimique seule qui opère ; mais, à mesure que les conduits d'écoulement offrent des sections plus larges, que les vitesses et les volumes grandissent, l'action mécanique intervient, et l'eau doit agir avec une énergie croissante, battre avec plus d'efficacité les parois qui la contraignent, et ouvrir, aux endroits les moins résistants, des cavités toujours plus spacieuses jusqu'à la rupture d'équilibre et aux effondrements connus, aux chutes de matériaux dans ces excavations, à leur émiettement, à leur entraînement par les chasses vigoureuses des crues d'amont, supposant toujours et partout des sections, des pentes, des débouchés proportionnés.

Ces mouvements, susceptibles de transformer les massifs en gigantesque tamis grossiers, peuvent évidemment se modifier si les conditions d'écoulement des grandes eaux d'amont à l'aval viennent à changer ; et c'est ce qui arriverait si, en un point quelconque du canal souterrain, par exemple dans un tronçon étroit, arqué, coudé, se formait un barrage arrêtant les eaux et favorisant de la sorte le comblement de toutes les parties supérieures par les eaux d'abord et par les matières détritiques ensuite. (Fig. 1.)

Les solutions de continuité dans ces terrains sont-elles plus ou moins multipliées, profondes, communicantes ; sont-elles capables de réaliser de grandes réserves d'eaux souterraines, et de les régulariser ? C'est ce que les observations directes à la surface et au sein des roches permettent rarement d'établir ; mais si de ces terrains sortent des sources constantes de débit, de température, de composition, on aura la preuve indirecte que toutes ces conditions à la fois sont réunies.

Le *schiste* n'est pas plus attaqué, chimiquement, que le grès ; mais physiquement, il représente des caractères bien différents : moins compacte, beaucoup plus divisé naturellement, il est plus altérable, sous l'effet météorologique en général, et en particulier de l'eau dont l'action prolongée l'attendrit, l'amollit, le délaie et le retransforme en argile.

PLAN



COUPE

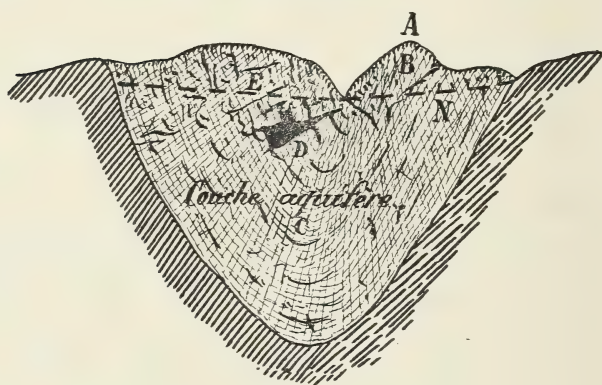


FIG. 1.

Quand donc la pluie s'engage dans la couche supérieure délitée de cette roche et ne fait qu'y passer accidentellement, la modification apportée peut n'être que légère et bientôt corrigée d'ailleurs par l'influence atmosphérique.

Mais supposons qu'il existe en contre-bas tant de fissures que l'on voudra, que se passera-t-il ?

L'eau y descendra et, au bout d'un cheminement plus ou moins long, rencontrera un obstacle, soit dans le schiste même, soit autrement.

Alors nous aurons l'action indéfiniment prolongée de cette eau sur la matière schisteuse qui, se gonflant et s'amollissant, recollera les parois de ses fissures et deviendra à cet endroit une masse effectivement étanche pour arrêter les nouvelles venues liquides.

Ces nouvelles venues produiront les mêmes effets dans la nouvelle portion où elles stagnent, et ainsi de proche en proche, de bas en haut,

toutes les solutions de continuité, grandes et petites, se fermeront et la masse tout entière, hormis sa couche supérieure, sera atteinte d'imperméabilité.

Cette couche divisée est-elle — comme l'affirme M. Dupont — profonde et capable d'emmagasiner beaucoup d'eau ?

Les faits y répondent nettement, ainsi que je l'ai fait savoir.

D'une part les terrains schisteux fournissant en eaux de sources et à l'hectare-jour, de très faibles rendements, aussi précaires que faibles, dénoncent par cela même des emmagasinevements souterrains régulateurs sans importance.

Et si d'autre part on observe, pendant les diverses saisons de l'année, les compositions et les températures des eaux qui se dégagent de ce terrain, on relèvera dans les résultats des variabilités excessives, preuves nouvelles du peu de volume et du peu de profondeur de la couche aquifère.

Tout ce qui vient d'être dit à propos des propriétés aquifères des grès et des schistes s'applique aux *quartzo-schisteux*, qui ont des qualités intermédiaires et des compositions d'ailleurs fort différentes.

M. Dupont voit dans la coutume des paysans du Condroz de pratiquer leurs puits dans les bandes quartzo-schisteuses, plutôt que dans les bandes calcaires voisines, une preuve de la richesse aquifère des premières. J'ai déjà rencontré cette assertion dans mon précédent exposé et répète que si nos paysans condrusiens procèdent de cette façon, c'est parce qu'aux plateaux calcaires ils n'atteignent la nappe aquifère générale qu'à des 40, 50, 60 mètres de profondeur ; tandis qu'aux plateaux schisteux ils la rencontrent près du sol ce qui, presque toujours, est une indication fâcheuse au point de vue de sa constance.

Et en effet cette nappe est très oscillante.

Descendant en saison sèche au fond du puits, le paysan en a d'autant plus de facilité pour l'approfondir. Alors, quand reviennent les chutes pluviales, la provision d'eau augmente. Au retour de la saison sèche, si son ouvrage se tarit de nouveau, il peut commodément l'approfondir encore, et, d'approfondissement en approfondissement, il arrive à se confectionner une *citerne* qui le met mieux à l'abri des disettes.

C'est ainsi que j'ai rencontré des puits percés dans des quartzo-schisteux ayant 40 mètres de profondeur totale et en temps pluvieux 38 mètres de hauteur d'eau, preuve de l'imperméabilité de ce terrain jusqu'à 2 mètres au moins de la surface.

Quand donc M. Dupont conseille de rechercher, même dans les

schistes moins favorables que les quartzo-schisteux, les couches aquifères abondantes *et constantes*, je pense qu'il mène dans une voie d'insuccès.

Mais abordons le *calcaire*, objet majeur du débat. Cette roche a des propriétés physiques analogues à celles du grès, mais s'en distingue fortement sous le rapport chimique.

On peut admettre que, dans les campagnes, les pluies qui atteignent nos zones de cette formation titrent environ 3° hydrotimétriques.

Or, les sources qui s'en échappent mesurent de 25 à 32°.

Leur teneur alcalino-terreuse s'accroît donc aux dépens des terrains traversés, de 25° à peu près, ou dix fois plus que dans les quartzo-schisteux.

J'arrive donc, comme M. Dupont, à cette conclusion que la corrosion au sein des masses calcaires est relativement considérable; et j'ajoute qu'elle a dû être d'autant plus irrégulière que la roche l'était elle-même, comme compacité, texture, composition, etc.

Les pluies absorbées par les terrains calcaireux acquièrent rapidement, au bout de peu de mètres de circulation, les degrés de dureté qu'elles accusent en sortant de ces massifs.

C'est ce que les expériences de M. Flamache ont confirmé.

Plus loin l'élaboration de l'eau se continue sans doute, et tout porte à croire que, pour l'élimination quasi complète de la substance organique par exemple, il faut un cheminement souterrain favorable et très prolongé.

Quoi qu'il en soit, et la matière calcaire étant prépondérante comme quantité dans les sources des zones dont il s'agit, c'est donc par le haut que les conduits durent commencer leur élargissement. A mesure que leurs sections, supposées très étroites, s'amplifient, l'action chimique des eaux y diminue et l'action mécanique entra en ligne de compte. Dès lors la force corrosive de l'eau acidule s'économisait en haut pour s'utiliser plus bas dans la portion suivante du conduit, et c'est sans doute progressivement, à la suite d'un temps immense d'action dissolvante, que le tube tout entier en est finalement arrivé à recevoir des sections permettant des écoulements capables d'action érosive indéfiniment grandissante, et opérant les œuvres subséquentes déjà signalées.

Comment donc représenterai-je l'état de division d'une cuve remplie de roche calcaire ?

Absolument comme je l'ai fait à l'occasion du grès, mais en accentuant davantage les solutions de continuité, surtout celles produites

par les effondrements et par la circulation des eaux au-dessus des couches aquifères,

Et pour l'hydrologie ?

Quant aux *bassins du Hoyoux et du Bocq* nous sommes relativement bien instruits.

Les longues observations qu'on y a poursuivies sur les sources aux époques les plus significatives, les manifestations enregistrées des eaux au fond des vallées, des carrières et des puits ; tout cet ensemble d'indications ne laisse pas l'ombre d'un doute sur l'existence, dans chaque bande de calcaire, d'une couche aquifère, énorme réservoir commun, comme l'a fort bien exprimé M. Van den Broeck, où s'achève l'élaboration des sources de qualités reconnues très comparables.

Je suis donc là encore d'un avis diamétralement opposé à celui de M. Dupont, qui prétend à l'inexistence de couches aquifères et de nappes dans les roches calcaires, et je maintiens qu'il est facile de les déterminer d'importance et de position dans des conditions suffisantes pour la pratique.

Pour les *zones de Han-Rochefort* nous sommes infiniment moins renseignés.

Le sol y paraît beaucoup plus parsemé d'entonnoirs ouverts ou comblés, et le sous-sol beaucoup plus sillonné de solutions de continuité moins obstruées.

On y a relevé des cavernes gigantesques parfaitement accessibles, très hautes, très larges, offrant des kilomètres de développement reconnus, qui en supposent bien d'autres.

On sait que ces creusements dont les radiers, qui reçoivent les visiteurs, règnent jusqu'à 125 mètres et plus au-dessous des plateaux, se continuent plus ou moins profondément en contre-bas, et l'on ne doute pas que beaucoup d'autres excavations doivent aussi exister.

Il est clair et d'ailleurs constaté que de tels évidements ont provoqué l'instabilité, le détraquement des massifs, parfois sur plus de cent mètres de puissance, ainsi que la création de voies nouvelles de filtration et de ruissellements ; le tout devant amener une absorption au sol plus considérable des pluies et leur descente plus rapide en sous-sol.

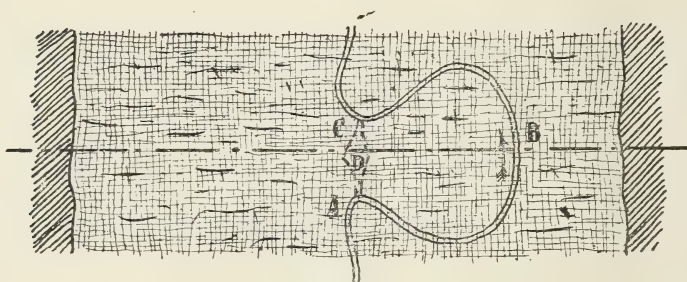
Mais je n'ai pu rencontrer nulle part de relevés, même sommaires, du régime des eaux, de leurs qualités, de leurs températures à travers les saisons et les années et, dans cet état d'ignorance, nous ne pouvons qu'émettre cette présomption que les eaux sortant de ces roches, ayant

circulé plus vite qu'aux bassins du Bocq et du Hoyoux, doivent avoir moins filtré, reposé, décanté; que leurs débits, compositions et températures y sont plus variables; que les rendements à l'hectare-jour y sont probablement plus élevés en moyenne, mais sensiblement plus réduits comme minimum.

Essayons de fixer graphiquement ce concours de phénomènes hydrologiques.

Comme précédemment il s'agit d'un massif calcaire emplissant une vaste cuve de quartzo-schisteux. (Fig. 2.)

PLAN



COUPE

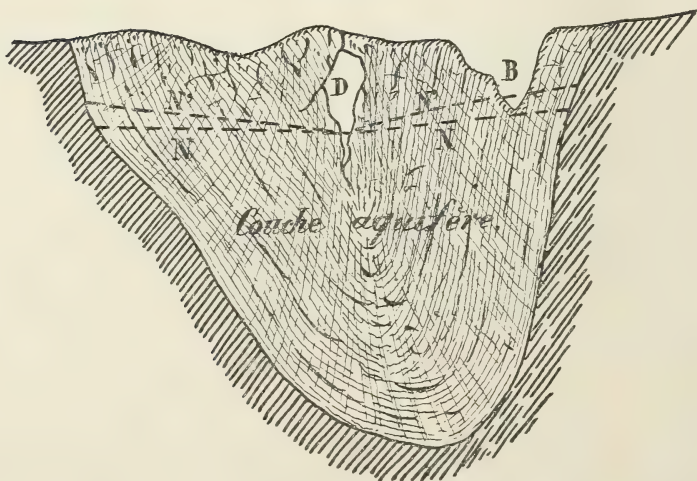


FIG. 2.

Une vallée, parcourant la zone, trace la boucle ABC d'environ quatre kilomètres de développement.

De l'amont à l'aval de ce méandre, il y a un kilomètre en ligne droite, un mètre à peu près de différence de niveau et, entre ces points, s'est formé un canal souterrain ininterrompu, s'épanouissant çà et là en cavernes, grottes, cavités les plus diverses comme les plus étranges, aux parois desquelles aboutissent en tous sens des joints, diaclases et fractures d'effondrements.

C'est *grosso-modo* le dispositif de Han, qui présente donc deux vallées :

La vallée extérieure, ou boucle ABC ;

La vallée intérieure, ou galerie ADC, en contre-bas de la première et quatre fois plus courte.

Quand donc la pluie tombe à la surface de ce massif célèbre, la portion absorbée, qui doit être ici très considérable, descend par filtration et par ruissellement, en proportion inconnue, jusqu'à la base imperméable.

— Quelle est actuellement cette base ?

— C'est le calcaire rempli d'eau.

— Et jusqu'où ce calcaire est-il rempli d'eau ?

— Jusqu'à la ligne de décharge la plus basse qui, dans le cas présent, se trouve être la rivière de la grotte elle-même, et les sondages effectués de 5 à 10 mètres en contre-bas de la cavité ne font que confirmer cette assertion.

La grotte est dès lors le drain naturel de la zone considérée ; elle reçoit, souterrainement, des eaux de toutes qualités, épurées ou non, très variables d'ailleurs selon les temps, et elle recueille même celles qui tombent dans la boucle, quand elle est à l'état de *chavée*.

Si une rivière courant dans la vallée d'amont arrive devant l'entrée de la grotte, elle y tombera tout entière si elle trouve l'entrée, les sections, la sortie, la chute suffisantes pour cela. Or c'est justement ce qui a lieu à Han dans les circonstances ordinaires, et l'effet de cet afflux est de hausser un peu la nappe d'eau qui, dans cet état de choses, se relève à droite et à gauche de la rivière de la grotte, mais pas assez pour atteindre le thalweg de la *chavée*.

Si nous entrons dans une période pluvieuse, alors la situation change.

Directement le plateau au-dessus de la grotte fournira des quantités de ruissellements plus considérables, et la rivière gonflée à l'amont lui apportera de même des flots exagérés.

Peut-être que l'entrée du souterrain pourra continuer à tout

dévorer ; mais la nappe aquifère montera brusquement, mouillera la chavée par en dessous, la percera ; et cette vallée deviendra à son tour un drain qui écoulera toutes ses eaux reçues tant par en dessous que par au-dessus.

Que si enfin la rivière monte plus violemment, et l'on sait que les crues atteignent de ce côté 7 et 8 mètres, alors les galeries, incapables de tout admettre et formant arrêt à l'entrée, rejettent le surplus dans la chavée ; les eaux s'élevant extraordinairement dans les grottes, jusque 10 mètres de hauteur, y opèrent un balayage énergique, entretiennent et accroissent les sections, s'injectent plus abondamment dans la chavée ; et ces actions se poursuivent jusqu'à ce que l'abaissement des eaux et leur retour aux écoulements habituels fassent tout rentrer dans l'ordre normal.

Ainsi, pour expliquer nettement tous les phénomènes singuliers des parages de Han-Rochefort, il suffit de respecter les enseignements géologiques généraux et la gravité des molécules liquides.

CAUSES DES OPINIONS DIVERGENTES.

Vous le voyez, Messieurs, le désaccord est décidément profond chez nous, et cela dans une question de fait : l'existence évidente pour les uns, la non-existence radicale pour les autres de couches aquifères sous des milliers et milliers d'hectares de roches ; et, chose surprenante, la divergence se maintient la même où nous sommes le mieux pourvus de données sérieuses.

Pourquoi ?

Il est possible que nos premiers engagements à ce propos nous aient un moment poussés hors des voies strictement scientifiques ; mais une cause troublante qui perdure me paraît être la façon vague, inégale, d'entendre les termes techniques dont nous nous servons, et qu'une docte compagnie comme la nôtre doit fixer avec la dernière rigueur.

C'est ainsi d'abord que nous voyons des géologues érudits affirmer que les massifs calcaires du Hoyoux et du Bocq sont *très peu divisés*, quand d'autres géologues, non moins érudits, signalent ces mêmes massifs comme étant *infiniment divisés* ou criblés de cavités *innombrables*.

— Comment donc, en *hydrologie*, faut-il entendre ces divisions intérieures des terrains ?

— Il faut entendre cela *hydrologiquement*. Par état de division des terrains nous devons nous représenter toutes solutions de continuité

quelconques susceptibles de recueillir utilement de l'eau pour en gratifier les sources.

Qu'importe pour notre sujet qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas dans les massifs rocheux des joints, des diaclases, des fissures, si le tout se trouve être soude ou bouché hermétiquement ?

Pour la géologie l'état de division subsiste ; pour l'hydrologie il ne subsiste plus.

Les cavités les plus extraordinaires au-dessus de la couche aquifère, où les filtrations et les ruissellements ne font que passer, ne sauraient avoir pour les sources que des facultés irrégularisantes.

Et les plus vastes excavations au fond des cuves quartzo-schisteuses, où l'eau stagne éternellement, sont pratiquement frappées de stérilité hydrologique.

Il y a plus : les terrains meubles les plus divisés, *physiquement*, sont justement ceux qui, en général, sont les plus retentifs. C'est qu'à mesure que leurs éléments solides se réduisent comme volume et conséquemment augmentent comme nombre, les interstices se multiplient de même en réduisant leurs sections ; c'est qu'alors l'attraction moléculaire intervient, que la force capillaire se manifeste pour combattre la gravité, que l'eau ou plutôt la moiteur qui imprègne le terrain ainsi conditionne à une tendance non plus à descendre mais à monter.

Chacun sait, en effet, que les argiles compactes offrent plus de 60 % d'interstices, les gros sables 30 % environ, les cailloutis 20 %, et les roches presque toujours moins.

Chacun sait que, cependant, les argiles retiennent toute l'eau reçue et que les cailloutis l'abandonnent avec une facilité telle que l'effet régulateur en est compromis.

Tout le monde convient que nos meilleurs bassins terreux qui, à la fin des périodes les plus longues et les plus arides, produisent jusque 4 m³ de bonnes sources par hectare-jour, recèlent une grande somme d'*interstices utiles*. Mais alors pourquoi ne pas convenir que le bassin du Hoyoux par exemple qui, dans les mêmes circonstances, fournit encore 5 m³, doit à son tour et pour cette raison seule, receler une somme plus grande de *solutions de continuité utiles* ?

Ce que d'abord il faut hydrologiquement envisager dans l'*état de division* d'une roche, c'est l'eau qui entre, l'eau qui sort, et le rendement *moyen* de cette dernière à l'unité de surface.

Ce qu'il faut envisager ensuite c'est l'*effet utile* que procure cet état de division et qui se caractérise par les *hauts rendements aux périodes d'aridité*.

M. Dupont appelle *eaux de ruissellement* celles qui s'engouffrent dans les aiguigeois ; *eaux d'infiltration* celles qui pénètrent dans la couche délitée.

Je pense que les eaux de ruissellement sont celles qui ruissellent, les eaux de filtration celles qui filtrent, peu importe les endroits et la manière.

Hydrologiquement, l'opposition à faire entre ces deux eaux, c'est que les premières, coulant avec vitesse appréciable, entraînent plutôt qu'elles déposent, se troublent plutôt qu'elles se clarifient ; tandis que les autres infiniment divisées, opérant longuement et en quelque sorte particule liquide contre particule solide, subissent physiquement et chimiquement les transformations les plus profondes.

Les premiers ruissellements s'observent à la surface, de là ils peuvent tomber dans des aiguigeois libres et continuer à se souiller, pour passer ensuite dans des canaux remplis de matières meubles ou dans des fissures quasi capillaires, pour s'y clarifier et s'élaborer complètement.

Mais je ne crois pas que l'eau qui traverse la couche supérieure simplement délitée filtre, et suis convaincu que, recueillie au bas de cette couche, elle présenterait encore tous les caractères de l'eau de ruissellement.

Il est à remarquer que l'on confond souvent : *couche aquifère* et *nappe aquifère* ou *nappe liquide*.

Une nappe suppose une surface ; une couche suppose une épaisseur et une masse.

Prenez une cuve imperméable, comblez-la de sable, de gravier, de blocaux et emplissez-la d'eau jusqu'à une certaine hauteur.

La couche aquifère c'est le terrain perméable gorgé d'eau.

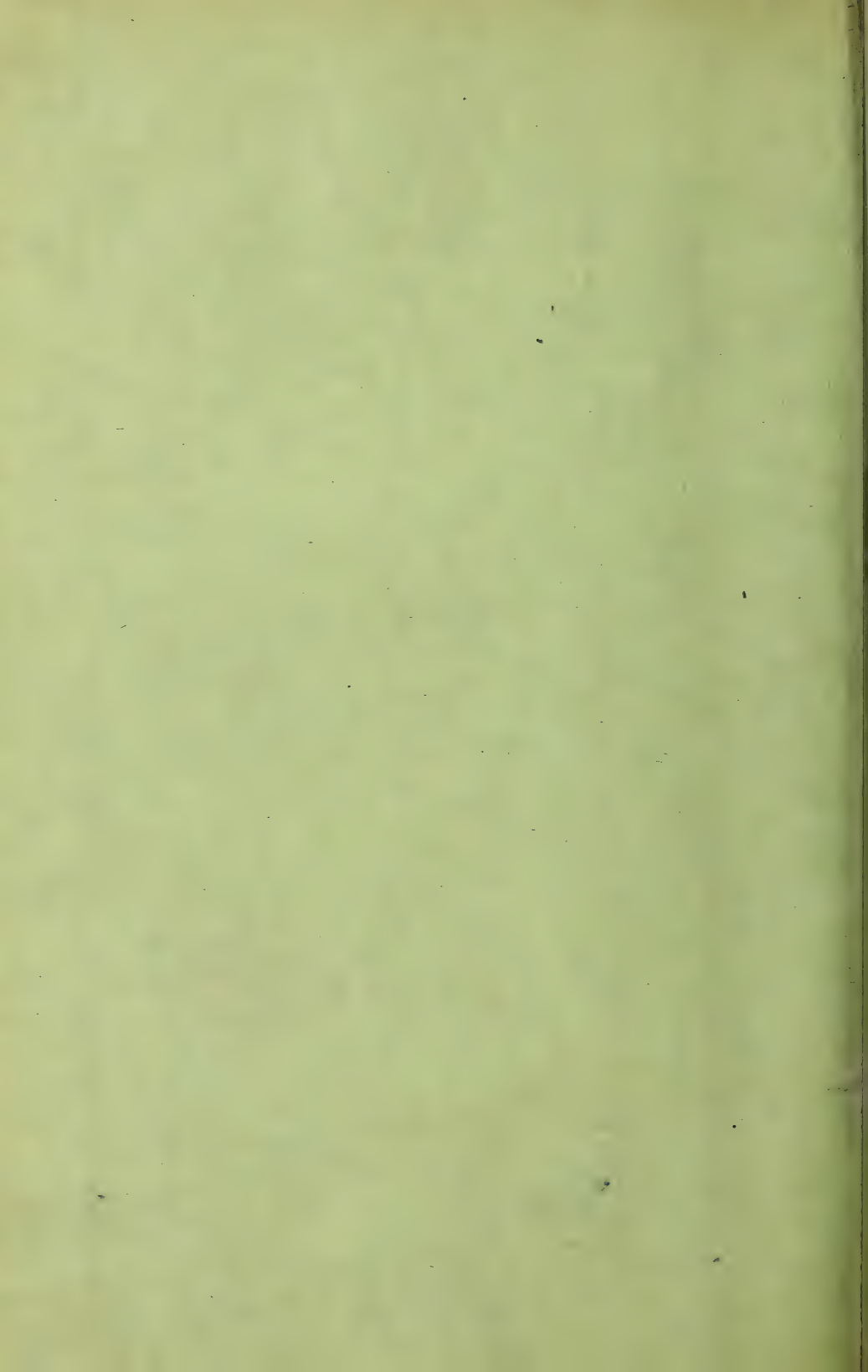
La nappe liquide c'est la surface qui, supérieurement, termine cette couche, et c'est elle aussi qu'il faudrait appeler *niveau*.

Il est évident que la couche aquifère et sa nappe ne sont point continues comme dans un lac par exemple, et il est entendu que tous les éléments solides qui y gisent : grains de sable, cailloux, blocaux compactes sont autant d'interrupteurs au liquide.

Enfin je répète que ce qu'il faut entendre par *niveau de la nappe*, ce n'est pas le point où un sondage ou un puits rencontre l'eau, c'est celui où l'eau finit par s'établir à l'état statique dans le forage, ou dans le puits.

Pour appuyer l'opinion que les massifs calcaires fournissent peu d'eau de filtration, M. Dupont observe que souvent des plafonds des grottes il ne tombe que de rares gouttelettes.

Cela n'a rien d'extraordinaire.



285

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE
DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE
(BRUXELLES)

NEUVIÈME ANNÉE

TOME IX

FASCICULE III

PROCÈS-VERBAUX : feuilles 4, 5, 6, 7, 8 et 9.

MÉMOIRES : feuilles 17, 18, 19, 20, 21, 22 et 23.

TRADUCTIONS ET REPRODUCTIONS : feuilles 1, 2 et 3.

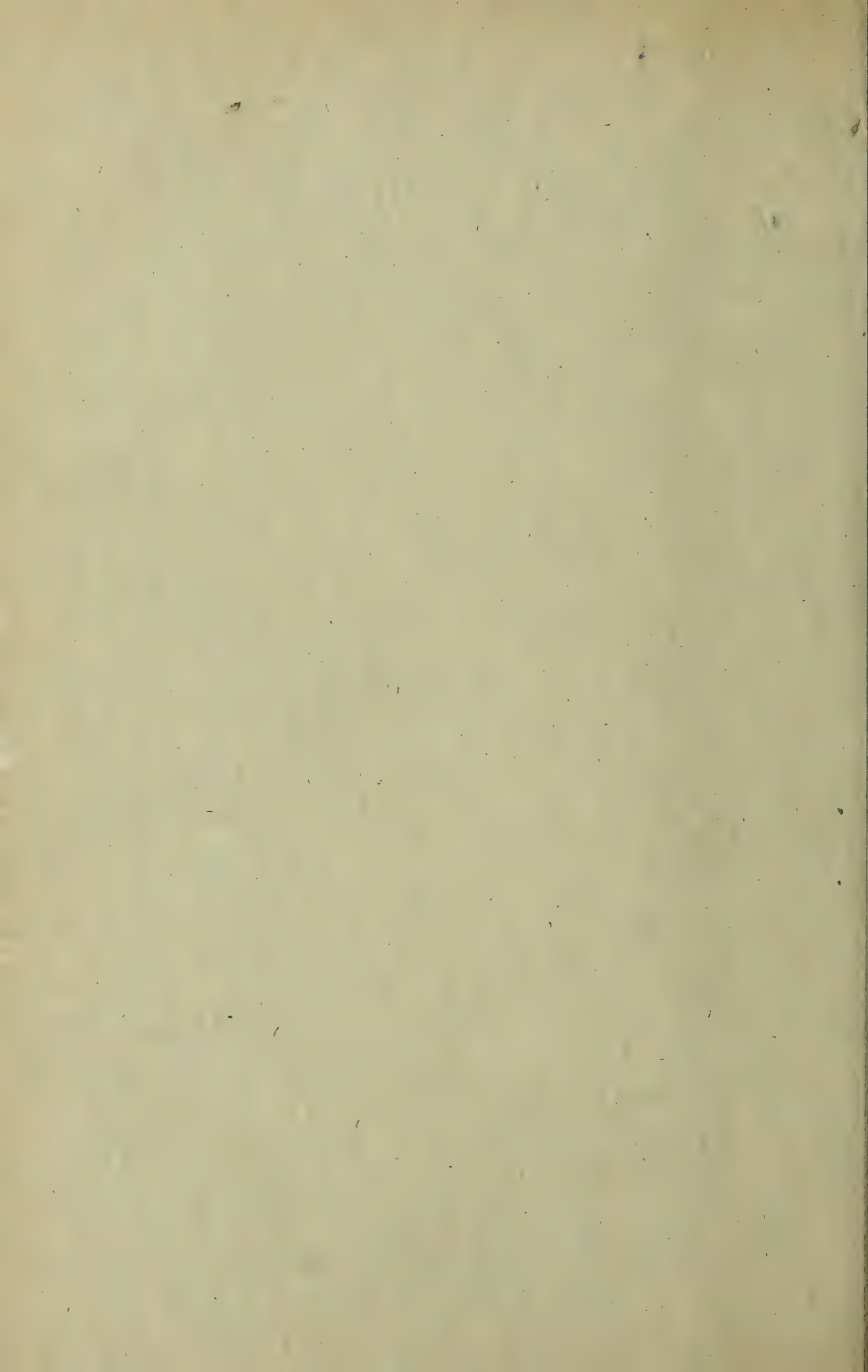
1895

BRUXELLES
POLLEUNIS ET CEUTERICK, IMPRIMEURS
37, RUE DES URSULINES, 37

—
Août 1896

27 FEB. 97
D.

56



En effet nous savons que les bassins du Hoyoux et du Bocq produisent en période sèche environ 5 m³ par hectare-jour, cela fait un demi litre au mètre carré par 24 heures, et un tiers de millilitre à la minute.

Pareil égouttement doit paraître infinitésimal pour quiconque attend, et l'évaporation seule suffit pour enlever ces venues minuscules.

Mais les bassins à cavernes sont, toutes choses égales, bien plus irréguliers que les autres, et si en temps humides ils déchargent beaucoup plus d'eau, c'est une raison pour affirmer qu'en temps habituel, et surtout aux périodes d'aridité, ils en rejettent beaucoup moins.

D'ailleurs suivez ce qui se passe dans les galeries de mine en exécution : (Fig. 3.)

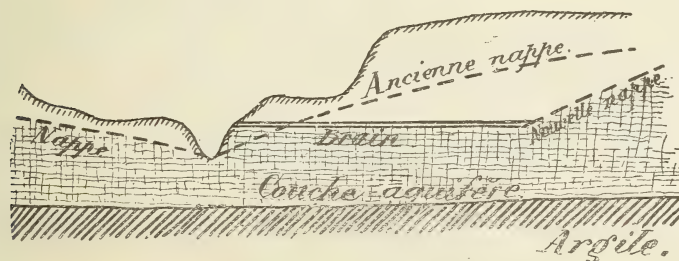


FIG. 3.

Quand le mineur perce un tel ouvrage dans un massif perméable et au-dessus de sa couche aquifère, même très alimentée, l'eau ne tombe pas du ciel de ce conduit, et tout ce qu'il y perçoit c'est une certaine moiteur au toucher.

La galerie venant à pénétrer dans cette couche, l'humectation du terrain apparaît au radier d'abord, puis monte aux flancs et finalement envahit le ciel.

Mais bientôt le drainage se poursuivant détermine ses effets d'assèchement dans l'ordre inverse, du haut vers le bas, et après un certain temps de cette action, l'eau ne sort que du radier et des bas-côtés de la galerie.

C'est ce qui doit se passer dans nos cavernes explorées de Han-Rochefort, qui sont d'immenses cavités drainantes d'ancienneté prodigieuse; et quand M. Dupont a vu de rares gouttelettes tomber des voûtes de ces œuvres de la nature, il est presque certain que ce n'était pas même de l'eau d'infiltration *constante*.

Mais enfin puisque les pluies tombent *très irrégulièrement*, puisque, dans ces terrains fendillés, le sol les absorbe en proportion plus ou

moins grande, et puisque les massifs qui les comprennent ne les rendent pas avec la même irrégularité qu'ils les ont reçues, c'est que dans leur sein existent des réservoirs plus ou moins régulateurs, c'est-à-dire des couches aquifères.

Quand donc les schistes ne produisent en sécheresse que de maigres sources mal épurées, c'est que leurs couches aquifères sont précaires et se vident aisément.

Si les quartzo-schisteux et les grès ont des rendements plus favorables, c'est que leurs solutions de continuité effectives se maintiennent mieux pour constituer des réserves plus importantes.

Et si les calcaires, comme ceux du Hoyoux et du Bocq, procurent des sources très élaborées et des débits *quinze fois plus forts que dans les schistes, plus notables même que dans les bassins terreux les mieux doués*, si ces rendements exceptionnels sont atteints, c'est que leurs couches aquifères sont colossales, et que leurs solutions de continuité sont très multipliées, communicantes et profondes.

L'honorable M. Dupont énonce quantités d'affirmations qui me paraissent donner lieu à des interprétations diverses :

Il dit par exemple que, *dans les calcaires, les eaux d'infiltration ne contribuent pas à la formation des sources !* — Ma conviction est au contraire que, dans les calcaires, comme dans les autres roches, comme dans les couches terreuses, les vraies sources, celles qui persistent dans les temps arides et qui émergent brillantes et pures, n'ont pas d'autres origines.

— *Les sources dans les calcaires proviennent d'engouffrements !* — Mais elles proviennent de toutes les pénétrations quelconques d'eau en sous-sol, sous n'importe quelle forme ; l'engouffrement salit l'eau ; et si elle atteint ensuite le degré d'élaboration d'une bonne source c'est qu'elle a subi une très longue filtration.

— *Toute source en pays calcaire est le produit d'un canal souterrain, prolongement d'un canal à ciel ouvert !* — Mais au bout du canal à ciel ouvert, c'est uniquement de l'eau de ruissellement qu'on recueille ; et si de là elle tombe dans un canal souterrain au sens ordinaire du mot, elle conservera ses souillures et ne s'élèvera pas à l'état de source.

— *Les cavernes servent d'aqueducs, d'où la constance des débits qui en sortent !* — Et depuis quand les aqueducs créent-ils de la constance dans les eaux ? Ces conduits écoulent les afflux qu'ils reçoivent et c'est tout. Ce qui crée de la constance, c'est le réservoir où le niveau monte et descend.

— Il existe des *cavernes à cours permanents* ! — Mais c'est qu'alors elles sont alimentées par des réserves aquifères à grands volumes disponibles.

Comment peut-on rejeter la couche aquifère dans les calcaires et lui reconnaître en même temps des *sources permanentes* ?

C'est — dit-on — que les sources permanentes, dans ces formations, sont alimentées par des *rivières souterraines*.

Mais dès lors ces rivières sont elles-mêmes permanentes et sortent de réserves, de magasins, de couches aquifères en fonctionnement permanent.

Les aigueois — dit-on encore — *donnent des sources*.. Mais s'il en est ainsi c'est que ces conduits naturels sont des drains plongeant dans des réservoirs souterrains de sources.

On ajoute que *des grottes les plus développées sortent parfois des eaux troubles*. — Mais si des grottes déversent parfois des eaux troubles, c'est qu'aux eaux d'infiltration permanentes et claires qu'elles recueillent se mêlent par intervalles des ruissellements malpropres, ainsi qu'il advient aux vallées à ciel ouvert les mieux réputées du monde.

Messieurs, je termine. Je crois qu'en tout ceci la question de mots joue un grand rôle, et c'est pourquoi je me suis permis d'appuyer sur la signification de certains termes technologiques, que vous allez, j'espère, tirer au clair.

Comme je le disais en commençant, nous sommes loin de posséder toutes les données essentielles nécessaires à la fixation parfaite de l'hydrologie dans toutes nos roches quelconques ; mais, grâce aux informations précieuses dont les géologues et les ingénieurs nous ont déjà gratifiés, nous finirons bien par les coordonner sagement pour éviter des conclusions hasardées, contradictoires, en opposition formelle avec les résultats acquis.

En attendant je rends hommage à l'étude aussi intéressante que laborieuse de l'honorable M. Dupont, que je viens plus spécialement d'examiner ici ; et le remercie, ainsi que M. le capitaine Willems, pour les nombreux et utiles matériaux mis par eux à la disposition de tous.

CATALOGUE SYNONYMIQUE ET CRITIQUE
 DES
 SPIRIFÈRES
 DU
 DEVONIEN INFÉRIEUR
 PAR
 Ferd. Béclard

Secrétaire de la direction du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique.

Dans un travail récent ayant pour titre : *Les Spirifères du Coblenzien belge* (1), j'ai signalé les difficultés de la synonymie et exposé comment j'ai été amené, par une suite d'études sur la conchyliologie devonienne, à passer en revue la bibliographie étendue de ce puissant groupe paléozoïque.

J'ai réuni ainsi, au cours de mes recherches, une série de données reconstituant directement d'après les sources et pour chacune des formes dénommées, à tort ou à raison, comme espèce à part, son histoire morphologique, stratigraphique et géographique.

Toutefois il semblait peu utile d'allonger encore les citations en tenant compte des listes publiées à la suite de certains ouvrages tels,

(1) Consulter ce tome IX, pp. 129-240.

par exemple, que l'*Abrégé de Géologie* de d'Omalius, le *Prodrome* de M. Dewalque, la *Géologie de la Belgique* de M. Mourlon, etc., ou dans des catalogues spéciaux tels que le *Prodrome* de d'Orbigny, le *Thesaurus devonico-carboniferus* de Bigsby, les *Fossils of the British Islands* de Etheridge, *The american palæozoic fossils* de S. A. Miller (1), etc.

La publication de ces notes pourra sans doute rendre quelque service aux paléontologues qui auraient à se livrer aux mêmes recherches et contribuer, par le fait, à les mettre en possession d'un répertoire commenté, exprimant l'état actuel de nos connaissances sur cette faune.

Je me propose en conséquence de les faire connaître au fur et à mesure de l'avancement de mes travaux de détermination.

Ce premier catalogue comprend les formes de Spirifères distinguées dans les dépôts constituant le Devonien inférieur depuis et y compris le *Gedinnien* jusqu'à la partie de l'*Eifelien E 2* de Dumont où se trouvent les couches à *Sp. cultrijugatus* inclusivement, ou leurs équivalents chronologiques sur le globe, soit que ces formes aient été décrites, figurées ou simplement citées dans la bibliographie (2).

* * *

Spirifer aculeatus, Schnur, 1853, *Eifel Brach.* (Palæontogr. III, 1854), p. 203, pl. 34, figs. 2 a-f. — CALCAIRE DE L'EIFEL.

Espèce du Devonien moyen, qui sera examinée avec les Spirifères de cette époque. Elle est mentionnée ici parce qu'elle est citée dans le Taunusien des environs de Bastogne, associée au *Sp. primævus*. (Gosselet, L'Ardenne, 1888, p. 304.)

Spirifer acuminatus, Conrad, in J. Hall, 1862-66.

C'est la forme américaine du *Sp. cultrijugatus* de l'Europe. Voir F. Béclard, 1895, Les Spirifères du Coblenzien belge, p. 184.

(1) Cet ouvrage donne l'étymologie des noms génériques et spécifiques employés dans la nomenclature et est, à ce point de vue particulier aussi, intéressant à consulter.

(2) Pour l'Amérique, je ne fais généralement que citer, en m'en référant exclusivement aux grandes Monographies de J. Hall,

Spirifer (Terebratulites) alatus, Schlotheim, 1813, in v. Leonhard, *Taschenb. für Miner.*, VII, pl. 2, figs. 1-2, et var. *suturata*. — GRYPHITENKALK DE SCHMERBACH ET DE KÖNITZ.

— — — Schlotheim, 1820, *Die Petrefact.*, I, p. 250.

Espèce mal fixée; elle a été citée dans la bibliographie comme provenant à la fois du Silurien (Sowerby in Murchison, 1839); de la Grauwacke de Coblenze (De La Bèche, 1832); du Calcaire de l'Eifel (Steininger, 1831); du Calcaire carbonifère et du Permien.

Nom à rayer de la nomenclature devonienne.

Spirifer antarcticus, John Morris et Daniel Sharpe, 1846, *Quart. Journ. geol. Soc. London*, II, p. 276, pl. XI, fig. 2. — ILES FALKLAND (MALOUMES).

Les auteurs font des réserves quant à l'exactitude de leurs déterminations, les spécimens dont ils disposent étant défectueux. Ils ne se prononcent pas sur l'âge des dépôts qui les ont fournis, mais d'Orbigny (*Prodrome*, I, p. 98) range le *Sp. antarcticus*, de même que les *Sp. Hawkinsii* et *Orbignyi* de ces auteurs, dans le Devonien.

M. J. Hall (*Pal. of New-York*, vol. III, 1855-59, p. 422), en décrivant le *Sp. arrectus*, mentionne que les espèces de Falkland dont il est question dans la note de MM. Morris et Sharpe, ont une grande similitude de forme avec celles de l'Oriskany Sandstone américain — notre Taunusien — et semblent appartenir au Silurien supérieur ou au Devonien inférieur.

Il paraît préférable, devant ces indications dubitatives, de rayer ces trois noms de la nomenclature devonienne.

Spirifer antiqua, J. Steininger, 1853, *Geogn. Besch. d. Eifel*, p. 73.
— GRAUWACKE DE PRÜM ET DE DALEIDEN.

L'auteur y réunit le *Sp. speciosus* figuré par d'Archiac et de Verneuil (*Trans. of the geol. Soc. of London*, 2nd Ser., VI, 1841, p. 408, pl. 38, fig. 5), qui, en effet, diffère du type *speciosus* de Schlotheim, mais ne paraît pas répondre davantage à la description de *Sp. antiqua*.

A l'exemple de M. Kayser, j'ai rangé le *Sp. antiqua* dans la synonymie du *Sp. arduennensis* (Bécl., loc. cit., pp. 177 et 179).

Spirifer (Terebratulites) aperturatus, Schlotheim, 1820, *Die Petrefact.*, I, p. 258 et 1822, *Nachtr. z. Petrefact.*, p. 67, pl. 17, fig. 1. — CALCAIRE DE L'Eifel.

Espèce du Devonien moyen, qui sera examinée avec les Spirifères de cette époque. J. Phillips a fait erreur en signalant la présence de cette forme dans le Devonien inférieur de Linton (Bécl., loc. cit., p. 219).

Spirifer arctisegmenta, J. Hall, 1862-1866, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 208, pl. 31. — UPPER HELDERBERG GROUP = COBLENZIEN.

Spirifer arduennensis, Schnur, 1853.

Espèce coblenzienne (Bécl., loc. cit., p. 177).

Spirifer arenosus, Conrad, in J. Hall, 1855-59, *Pal. of New-York*, vol. III, p. 425, pl. 98, figs. 1-8; pl. 99, figs. 1-10; pl. 100, figs. 1-8. — ORISKANY SANDSTONE = TAUNUSIEN.

Forme qui se rapproche du *Sp. Trigeri*, de Verneuil, caractérisé par les plis simples qui couvrent toute sa surface.

Spirifer arrectus, J. Hall, 1855-59, *Ibid.*, p. 422, pl. 97, figs. 1, 2. — ORISKANY SANDSTONE = TAUNUSIEN.

Le *Sp. arrectus* a les plus grandes analogies avec le *Sp. primævus* de l'Europe (1). Déjà, en 1847, de Verneuil (Bull. Soc. géol. de France, 2^e série, IV, p. 701) désignait cette forme américaine, abondante dans les grès d'Oriskany, sous le nom de *Sp. macropterus*, en la réunissant à la fig. 3, pl. I, de Roemer, que j'ai rangée dans la synonymie du *Sp. primævus* (Bécl., loc. cit., p. 127).

Il est à signaler aussi que les figures attribuées par Morris et Sharpe, en 1846 (Quart. Journ. geol. Soc. London, p. 276, pl. XI), aux *Sp. Hawkinsii*, *antarcticus* et *Orbigny* ne sont pas à différencier de celles du *Sp. arrectus*; mais j'ai fait connaître ici (p. 262) les raisons qui me portaient à éliminer ces trois derniers noms.

Il paraît évident que toutes ces formes se rapportent à un seul et même type.

(1) On peut distinguer parmi les Spirifères du Devonien inférieur des États-Unis une série d'espèces représentatives de nos formes européennes. M. Barrois (Calcaire d'Erbray, 1889), a fait quelques rapprochements, sans toutefois conclure à des assimilations formelles. De même, j'ai relevé un certain nombre d'affiliations entre les formes des deux continents, mais, en dehors du *Sp. acuminatus*, que je considère comme étant bien le représentant de notre *Sp. cultrijugatus* (Bécl., loc. cit., p. 184), je n'ose me prononcer aussi affirmativement pour les autres à défaut de spécimens de comparaison qu'il m'a été impossible de me procurer.

Spirifer attenuatus, *Sowerby*, 1825, *Min. Conch.* V, p. 151, pl. 493, figs. 3, 4, 5. — CALCAIRE CARBONIFÈRE DE DUBLIN.

Espèce caractéristique de l'étage moyen du Calcaire carbonifère de Belgique, dont l'autonomie a été confirmée, en 1883, par de Koninck (*Bull. Musée Roy. Hist. nat. de Belgique*, II, p. 393, pl. XIV, figs. 12, 13 et 14).

Elle a été citée dans la Grauwacke de Coblenz; dans le Devonien inférieur de Gahard; dans le Devonien moyen de Bensberg et de Givet et dans le Devonien supérieur du Condroz.

Assimilations non motivées. — Nom à rayer de la nomenclature devonienne, quoique M. Gosselet (*Étude sur les variations du Sp. Verneuili*, p. 48, pl. 7, n° 76, 1894), le maintienne pour un Spirifère du Famennien de Dimont, trouvé aussi dans les Schistes d'Etrœungt.

Spirifer auriculatus, G. et F. Sandberger, 1850-56.

Synonyme de *Sp. cultrijugatus* (Bécl., loc. cit., pp. 183 et 193).

Spirifer avirostris, A. Krantz, 1857, *Verhandl. Naturhist. Vereins Rheinl. u. Westf.* Jahrg. XIV, p. 153, pl. 9, fig. 2.

— DEVONIEN INFÉRIEUR DE MENZENBERG.

Non *Sp. avirostris*, Kayser = *Sp. aviceps*, du Devonien moyen (1).

Espèce non fixée, à supprimer. Les figures de Krantz semblent plutôt représenter les deux valves d'*Athyris undata*, DeFrance, qui appartient au même horizon stratigraphique.

Spirifer Baptistai, Marie Rouault, 1851, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VIII, p. 396. — DEVONIEN INFÉRIEUR D'IZÉ.

Espèce insuffisamment établie.

Spirifer Bazini, Oehlert, 1889, *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, XVII, p. 781, pl. 20, fig. 3. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE SAINT-MALO ET DE JOUÉ-EN-CHARNIE.

La seule valve figurée par l'auteur, caractérisée par le bourrelet à tendance de bifidité vers le bord frontal, n'est pas sans analogie avec le *Sp. hystericus Gosseleti*, (Bécl., loc. cit., p. 166), mais ce seul dessin ne permet pas de préciser davantage les rapports existant entre les deux formes.

(1) *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.* XXIII, 1871. p. 578, pl. 11. fig. 4.

Spirifer Beaujeani, Bécлар, 1887.

Synonyme de *Sp. primævus* (Bécl., loc. cit., pp. 141, 143.)

Spirifer Belouini, Marie Rouault, 1855, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XII, p. 1044. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE LA MANCHE.

Espèce non figurée et insuffisamment fixée d'après deux exemplaires " fort incomplets. „ A supprimer (Bécl., loc. cit., pp. 151, 162.)

Spirifer Bischofi, Giebel, 1858.

Synonyme de *Sp. Trigeri* (Bécl., loc. cit., pp. 225 et 228.)

Spirifer Cabanillas, de Verneuil et d'Archiac, 1845, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, II, p. 475, pl. 15, fig. 6. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE FERRONES ET PELAPAYA (ASTURIES).

— — de Verneuil, 1850, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VII, p. 160. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE FERRONES.

— — Barrois, 1882, *Asturies*, p. 250. — CALCAIRE DE FERRONES = GRAUWACKE DE HIERGES.

Coquille subglobuleuse, arrondie, portant quatre ou cinq gros plis latéraux simples, avec un large sinus présentant parfois un pli longitudinal au milieu et un bourrelet quelquefois divisé par un sillon médian peu prononcé.

Cette forme n'a pas été rencontrée en Belgique.

Spirifer Cabedanus, de Verneuil et d'Archiac, 1845, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, II, p. 473, pl. 15, fig. 3. — CALCAIRES DE FERRONES = GRAUWACKE DE HIERGES.

— — de Verneuil, 1850, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VII, p. 160. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE FERRONES.

— — de Koninck, 1876-77, *Foss. paléoz. de la Nouv. Galles du Sud*, p. 103. — CALCAIRE NOIR DES ENVIRONS DE YASS, DEVONIEN MOYEN.

Spirifer Cabedanus, Barrois, 1882, *Asturies*, p. 249, pl. 10, fig. 2; fig. 3,
var. — CALCAIRE DE CANDAS, DE FERRONES, ETC.

— — Barrois, 1885, *Ann. Soc. géol. du Nord*, XIII,
 p. 74. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE CABRIÈRES.

— — Frech, 1887, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.*
 Bd. XXXIX, p. 482. — ZONE A **Sp. cultrijuga-**
tus DE CABRIÈRES.

Forme portant douze plis latéraux simples " principalement caractérisée par un
 sillon sur le bourrelet et un pli dans le sinus „

N'a pas été trouvée en Belgique.

Spirifer canaliferus (*pars.*), Schnur, 1853.

Synonyme de *Sp. daleidensis* (Bécl., loc. cit., pp. 219 et 223).

Spirifer carinatus, Schnur, 1853,

Synonyme de *Sp. hystericus* (Bécl., loc. cit., pp. 150 et suiv.).

Spirifer carinatus, Steininger, 1853.

Espèce non fixée; à supprimer (Bécl., loc. cit., pp. 150 et 185).

Spirifer (*Delthyris*) **ceptoptera**, Goldfuss, 1832, in *v. Dechen's Handb.*
d. Geogn. p. 526. — CALCAIRE ET GRAUWACKE DE
 L'EIFEL; GRAUWACKE DE LINDLAR.

Spécimen de collection. — A rayer.

Spirifer (*Delthyris*) **compressa**, Goldfuss, 1832 (*D. triangularis*,
 SOW.) in *v. Dechen's Handb. d. Geogn.* p. 525. —
 BENSBERG. CALCAIRE DU DERBYSHIRE.

Spécimen de collection. — A rayer.

Spirifer compressus, Maurer, 1886, *Fauna rechtsrhein. Unterdevon*,
 p. 19. — HORIZON A **Sp. cultrijugatus** ET QUART-
 ZITES COBLENIENS.

Espèce non figurée et insuffisamment fixée. — A supprimer.

Spirifer (Delthyris) concentrica, Goldfuss, 1832, in *v. Dechen's Handb. d. Geogn.* p. 527. — CALCAIRE DE RATINGEN.

Spécimen de collection. — A rayer.

Spirifer concentricus, Schnur, 1853, *Eifel Brach.* (Palæontogr. III, 1854), p. 210, pl. 37, fig. 1. — CALCAIRE DE L'EIFEL.

Espèce du Devonien moyen, qui sera examinée avec les Spirifères de cette époque (Bécl., loc. cit., p. 135).

Spirifer crispus, Hisinger, 1826, *Kongl. Vetensk. Akad. Handlingar*, p. 311, pl. 7. — SILURIEN.

Espèce citée, par divers auteurs, à la fois dans le Silurien, le Devonien et le Calcaire carbonifère. Il semble qu'elle soit représentée dans le Devonien moyen par le *Sp. aculeatus*, ce qui sera discuté avec les Spirifères de cette époque.

Spirifer cultrijugatus, C.-F. Roemer, 1844.

Espèce coblenzienne (Bécl., loc. cit., p. 182).

Spirifer cumberlandiæ, J. Hall, 1855-59, *Pal. of New-York*, vol. III, p. 421, pl. 96, fig. 9. — ORISKANY SANDSTONE = TAUNUSIEN.

Spirifer (Terebratulites) curvatus, Schlotheim, 1820, *Die Petrefact.*, I, p. 280 et *Nachtr. z. Petrefact.*, p. 68, pl. 19, fig. 2. — CALCAIRE DE L'EIFEL.

Espèce apparaissant dans le Coblenzien supérieur; elle sera reprise avec l'étude des Spirifères du Devonien moyen (Bécl., loc. cit., p. 135).

Spirifer cuspidatus, Steininger, 1853.

Synonyme de *Sp. subcuspidatus* (Bécl., loc. cit., pp. 169 et 173).

Spirifer Cytherea, d'Orbigny, 1850.

Espèce non fixée. — A supprimer (Bécl., loc. cit., pp. 150 et 162).

Spirifer daleidensis, Steininger, 1853.

Espèce coblenzienne (Bécl., loc. cit., p. 219.)

Spirifer Davousti, de Verneuil, 1850, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VII, p. 781. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE VIRÉ, BRÛLON, NÉHOU.

— — de Verneuil, 1864, *Ibid.*, XXI, p. 150. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE KARTAL (CONSTANTINOPLE).

— — de Tchihatcheff, 1864, *Le Bosphore et Constantinople*, p. 484.

— — de Tchihatcheff, 1867, *Asie Mineure. — Géologie*, I, p. 520.

— — d'Archiac et de Verneuil, 1866-69, *Asie Mineure. — Paléont.*, p. 19 et Appendice, p. 474, pl. 21, fig. 2. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE KARTAL ET DE KELENDER.

— — Bonnissent, 1870, *Essai géol. du département de la Manche*, p. 252.

— — de Tromelin et Lebesconte, 1876, *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, IV, p. 609. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE BRETAGNE.

— — Bayle, 1878, *Expl. de la Carte géol. de France*, IV, Atlas, pl. 15, figs. 1, 2. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE BRÛLON.

— — Guéranger, 1883, *Répertoire paléont. de la Sarthe*, p. 12.

— — Oehlert, 1887, *Annales d. Sciences géol.*, XIX, p. 36, pl. 3, figs. 42-48. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE VIRÉ, BRÛLON, ETC.

— — Barrois, 1889, *Faune du Calcaire d'Erbray*, p. 141, pl. 9, fig. 7.

“ Espèce remarquable, dit de Verneuil, en 1850, en ce qu'elle est couverte de stries très fines comme certaines espèces siluriennes. — Elle est très voisine du *Sp. togatus*, Barr. „ Il la figure et en complète la diagnose en 1866-69.

N'a pas été trouvée en Belgique.

Spirifer Decheni, Kayser, 1878.

Synonyme de *Sp. primævus* (Bécl., loc. cit., pp. 139 et suiv.).

Spirifer dichotomus, Wirtgen et Zeiler, 1854.

Synonyme de *Sp. daleidensis* (Bécl., loc. cit., p. 219).

Spirifer disparilis, J. Hall, 1862-66, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 204, pl. 30. — CORNIFEROUS LIMESTONE : UPPER HELDERBERG GROUP = COBLENZIEN.

Spirifer divaricata, J. Hall, 1862-66, *Ibid.*, p. 213, pl. 32. — CORNIFEROUS LIMESTONE : UPPER HELDERBERG GROUP = COBLENZIEN. HAMILTON GROUP = DEVONIEN MOYEN.

Cette forme possède des côtes irrégulièrement bifides recouvrant toute la coquille comme chez le *Sp. daleidensis* européen; elle a une ornementation assez semblable.

Spirifer dubia, Etheridge, 1872.

Synonyme de *Sp. daleidensis* (Bécl., loc. cit., p. 220).

Spirifer Dumontianus, de Koninck, 1876, *Ann. Soc. géol. de Belg.* III, p. 39, pl. I, fig. 9. — GEDINNIEN DE GEDOUMONT.

Espèce gedinnienne, qui sera discutée ultérieurement. Elle possède, comme le *Sp. cabedanus* et le *Sp. subcabedanus*, des plis latéraux simples, un sillon sur le bourrelet et un pli dans le sinus.

Spirifer dunensis, Kayser, 1889.

Synonyme de *Sp. paradoxus* (Bécl., loc. cit., pp. 213-215).

Spirifer duodenaria, J. Hall, 1862-66, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 189, pl. 27 et 28. — SCHOHARIE GRIT. CORNIFEROUS LIMESTONE : UPPER HELDERBERG GROUP = COBLENZIEN.

Spirifer Dutemplei, Marie Rouault, 1855, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XII, p. 1045. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE LA MANCHE.

— — ? Oehlert, 1877, *Ibid.*, p. 596. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE SAINT-JEAN (MAYENNE).

Espèce sans plis, non figurée et insuffisamment fixée. A supprimer. •

M. Barrois (Asturies, 1882, p. 246) fait remarquer qu'il aurait été intéressant de comparer cette forme au *Sp. concentricus*, mais " il ne croit pas être utile au progrès de la science en discutant les diagnoses incomplètes de M. Rouault, qu'il y aurait avantage à oublier pour la plupart. „

Spirifer euruteines, Owen, in J. Hall, 1862-66, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 209, pl. 31. — UPPER HELDERBERG GROUP = COBLENZIEN.

— — **var. fornacula**, J. Hall, 1862-66, *Ibid.*, p. 211, pl. 31, figs. 11-13. — MÊME NIVEAU STRATIGRAPHIQUE.

Spirifer excavatus, Kayser, 1878.

Espèce non fixée. A supprimer (Bécl., loc. cit., p. 155).

Spirifer Ezquerra, de Verneuil, 1850. *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VII, p. 178, pl. 4, fig. 6. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE SABERO.

— — Barrois. 1882, *Asturies*, p. 250. — CALCAIRE D'ARNAO, MONIELLO = COBLENZIEN SUPÉRIEUR.

Petite espèce transverse, ornée de 5-6 plis simples, tranchants; sinus étroit; bourrelet aigu et tranchant. Elle n'a pas été rencontrée en Belgique.

M. Barrois appelle l'attention sur les rapports intimes de cette forme avec le *Sp. squamosus*, F.-A. Roemer, des schistes à Calcéoles du Harz.

Spirifer falco, Barrande, 1847, *Brach. d. silur. schichten v. Böhmen* (Naturw. Abhandl. v. W. Haidinger, II), p. 163, pl. 17, fig. 4. — MNENIAN, F.

— — Steininger, 1853, *Geogn. Beschr. d. Eifel*, p. 77.

— — Barrande, 1879, *Syst. silur. V, Brach.*, pl. 8, figs. 16-22. — KONIEPRUS, F2.

— — Maurer, 1881, *Neues Jahrb. für Min.*, I, Beil. Band, p. 58, pl. 4, fig. 7. — CALCAIRE DE GREIFENSTEIN.

Steininger assimile, avec doute, à cette forme silurienne, un *Spirifère* du Calcaire devonien de Romersheim, près de Prüm. M. Maurer signale sa présence dans la faune du Calcaire de Greifenstein, que M. Kayser range dans son Hercynien (1).

Elle n'a pas été rencontrée en Belgique.

(1) Fauna d. ältesten Devon. Harz. 1878, p. 266.

Spirifer fallax, Giebel, 1858. *Silur. Fauna Unterharz.*, p. 32, pl. 4, fig. 1.

— — Kayser, 1878, *Die Fauna d. ältest. Devon. Harz.*, p. 167, pl. 34, fig. 2. — HERCYNIEU DE SCHEERENSTIEG.

Giebel décrit cette forme de grande taille, d'après des spécimens provenant du Calcaire de Schneckenberg et de Badeholzes. Il figure la valve dorsale d'un échantillon ayant la forme semi-circulaire, avec 8-10 plis latéraux assez épais, anguleux et un large bourrelet bien prononcé, mais dont la crête représente une surface peu arrondie, à peu près plate, bordée de deux méplats.

Ce *Sp. fallax* a des affinités incontestables avec le *Sp. primævus*, mais je n'ai pu préciser mes observations à défaut d'échantillons (Bécl., loc. cit., p. 143).

Spirifer fimbriata, Conrad, in J. Hall, 1862-66, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 214, pl. 33 : fig. 1, ORISKANY SANDSTONE = TAUNUSIEN ; figs. 2 à 11, UPPER HELDERBERG GROUP = COBLENIEN ; figs. 12 à 21, HAMILTON GROUP = DEVONIEU MOYEN.

Forme appartenant au groupe du *Sp. undiferus*, C.-F. Roemer, du Devonien moyen rhénan.

Spirifer gerolsteinensis, Steininger, 1853, *Geogn. Beschr. d. Eifel*, p. 76.

Espèce du Devonien moyen, qui sera discutée avec les Spirifères de cette époque, mais M. Frech (*Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.* Bd. XXXIX, 1887, p. 482) signale déjà sa présence dans la zone à *Sp. cultrijugatus* du Devonien de Cabrières.

Spirifer Gosseleti, Béclard, 1887.

Espèce coblenzienne, que l'auteur maintient comme variété sous le nom de *Sp. hystericus Gosseleti* (Bécl., loc. cit., pp. 159 et 165).

Spirifer Greeni, Marie Rouault, 1851, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VIII, p. 395. — DEVONIEU INFÉRIEUR D'IZÉ.

Quoique cette forme soit assez complètement décrite, je me réfère à ce qui a été dit sur la valeur de la plupart des diagnoses de cet auteur.

Spirifer gregaria, J. Hall, 1862-66, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 195, pl. 28. — UPPER HELDERBERG GROUP = COBLENIEN.

Spirifer grieri, J. Hall, 1862-66, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 194, pl. 27 et 28. — SCHOHARIE GRIT ; CORNIFEROUS LIMESTONE : UPPER HELDERBERG GROUP = COBLENZIEN.

Spirifer Guyoti, Marie Rouault, 1846, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, IV, p. 322. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE GAHARD.
Espèce insuffisamment établie. — A rayer.

Spirifer Hawkinsii, Morris et Sharpe, 1846.

Voir ici, p. 262.

Spirifer Hercyniæ, Giebel, 1858.

Synonyme de *Sp. paradoxus* (Bécl., loc. cit., pp. 204-215).

Spirifer hystericus, Schlothheim, 1820.

Espèce coblenzienne (Bécl., loc. cit., p. 148).

Spirifer ignoratus, Maurer, 1883.

Synonyme de *Sp. cultrijugatus* (Bécl., loc. cit., pp. 191-195).

Spirifer Ilsae, Kayser, 1878, *Die Fauna d. ältest. Devon. Harz*, p. 167, pl. 22, figs. 3-4. — HERCYNIE DE KLOSTERHOLZ.

Forme ailée à contour triangulaire, avec bourrelet très saillant, caréné, et 5-6 plis latéraux arrondis, larges, rappelant ceux du *Sp. speciosus*.

Elle n'a pas été rencontrée en Belgique.

Spirifer indifferens, Barrande, 1847, *Brach. d. silur. schichten v. Böhmen* (Naturw. Abhandl. v. W. Haidinger, II), p. 159, pl. 16, fig. 5. — MNENIAN, F.

— — Barrande, 1879, *Syst. silur.* V, *Brach.*, pl. 3, figs. 4, 5 et 7. — KONIEPRUS, F 2.

— — Maurer, 1881, *Neues Jahrb. für Min.*, I Beil. Band. p. 54, pl. 4, fig. 2. — CALCAIRE DE GREIFENSTEIN.

— — Frech, 1887, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.* Bd. XXXIX, pp. 405 et 482. — DEVONIEN INFÉRIEUR : CALCAIRE BLANC DU PIC = F2.

Forme lisse que M. Maurer signale dans le Calcaire de Greifenstein et M. Frech dans le Devonien inférieur de Cabrières. Elle se sépare difficilement du *Sp. falco*.

Spirifer indifferens, var. **elongata**, Maurer, 1881, *Neues Jahrb. für Min.*, 1 Beil.-Band, p. 55, pl. 4, fig. 3. — CALCAIRE DE GREIFENSTEIN.

— — — — — Maurer, 1885, *Die Fauna der Kalke von Waldgirmes*, p. 158, pl. 6, fig. 18.

Il paraît établi aujourd'hui que la faune de Waldgirmes appartient aux couches à Stringocéphales. D'autre part, le spécimen figuré en 1885, par M. Maurer, semble représenter le *Sp. undiferus* du même horizon stratigraphique. Il est, en effet, fort difficile de noter des différences sensibles entre eux, en dehors de la forme plus allongée de la coquille chez la var. *elongata*.

Cette assimilation est donc très douteuse.

Spirifer indifferens, var. **transiens**. Barrande, 1879, *Syst. silur. V, Brach.* pl. 3, figs. 8-10. — KONIEPRUS, F2.

M. Barrois identifie à cette dernière variété, sous le nom de *Sp. transiens*, Barr. une petite valve unique, du calcaire d'Erbray, qui appartient au groupe du *Sp. undiferus*, C.-F. Roemer. Voir ici, p. 284.

Spirifer intermedius, J. Hall, 1855-59, *Pal. of New-York*, vol. III, p. 424. — ORISKANY SANDSTONE = TAUNUSIEN.

Spirifer Jaschei, F.-A. Roemer, 1850, *Beitr. Harz.*, I, p. 53, pl. 9, fig. 11. — BRACHIOPODEN KALK : KLOSTERHOLZ, ILSENBURG.

— — — Kayser, 1878, *Die Fauna d. ältest. Devon. Harz.*, p. 176, pl. 23, fig. 15; pl. 24, figs. 1-2. — KLOSTERHOLZ (HERCYNIEN).

— — ? Tschernyschew, 1885, *Mém. Com. géol. de Russie*, III, pp. 35 et 88, pl. 5, fig. 55. — DEVONIEN DE L'OURAL.

— — Barrois, 1889, *Faune du Calcaire d'Erbray*, p. 137, pl. 9, fig. 4.

Espèce silurienne? que M. Kayser signale dans le Devonien le plus inférieur du Harz et dont M. Barrois constate l'existence dans le Devonien inférieur d'Erbray. Elle n'est pas connue en Belgique.

La forme russe, assimilée avec doute, du reste, par M. Tschernyschew, est toute différente.

Spirifer Jouberti, Oehlert et Davoust, 1879.

Synonyme de *Sp. daleidensis* (Bécl., loc. cit., pp. 221 et 231).

Spirifer Jovis, Maurer, 1881, *Neues Jahrb. für Min.*, I, Beil.-Band, p. 58, pl. 4, fig. 6. — CALCAIRE DE GREIFENSTEIN.

Nouvelle espèce lisse, signalée par M. Maurer dans le Calcaire de Greifenstein, inconnue dans le Devonien inférieur de Belgique.

Spirifer latestriatus, Maurer, 1886, *Fauna d. rechtsrhein. Unterdevon*, p. 19. — GRAUWACKE INFÉRIEURE DE VALLENDAR; TAUNUSIEN DE SEIFEN?

Coquille allongée transversalement, avec 4-5 plis anguleux; sinus et bourrelet assez développés; surface couverte de larges et fortes stries d'accroissement imbriquées.

Cette forme semble avoir des affinités avec le *Sp. primævus*, mais elle est trop insuffisamment fixée pour préciser (Bécl., loc. cit., p. 143).

Spirifer macra, J. Hall, 1862-66, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 190, pl. 27. — SCHOHARIE GRIT; CORNIFEROUS LIMESTONE: UPPER HELDERBERG GROUP = COBLENZIEN.**Spirifer macropterus**, Goldfuss, 1813.

Synonyme de *Sp. paradoxus* (Bécl., loc. cit., p. 199).

Spirifer macrothyris, J. Hall, 1862-66, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 202, pl. 30. — CORNIFEROUS LIMESTONE: UPPER HELDERBERG GROUP = COBLENZIEN.**Spirifer manni**, J. Hall, 1862-66, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 211, pl. 31. — CORNIFEROUS LIMESTONE: UPPER HELDERBERG GROUP = COBLENZIEN.

M. Barrois (Calcaire d'Erbray, p. 136) considère le *Sp. manni* comme étant la forme représentative du *Sp. Nerei*, d'Erbray.

Spirifer Mercurii, Gosselet, 1880, *Esquisse géol. du Nord de la France*, I, p. 67, pl. 1, fig. 8. — GEDINNIEN DE MONDREPUITS.**Spirifer micropterus**, auct.

Synonyme de *Sp. hystericus* (Bécl., loc. cit., pp. 148 et suiv.).

Spirifer Mischkei, Frech, 1887, *Geol. von Haiger* (Abhandl. geol. spec. Karte v. Preussen, Bd. VIII, heft. 4), p. 34, pl. 3, figs. 1 a, b, c. — DEVONIEN INFÉRIEUR DU NASSAU.

— — F. Sandberger, 1889, *Devon. syst. in Nassau*, pp. 50 et 53. — PARTIE SUPÉRIEURE DU SPIRIFEREN-SANDSTEIN.

M. Frech décrit et figure, sous ce nom, d'après des moules laissant à désirer, une nouvelle espèce qu'il rapproche du *Sp. subcuspidatus*. La fig. 1c rappelle, en effet, le *Sp. subcuspidatus*. Le bourrelet et les 4-5 plis latéraux grossiers des figs. 1a et 1b, l'en écartent considérablement.

La spécificité de cette forme n'étant pas nettement fixée, il semble préférable de ne pas charger la nomenclature d'un nom douteux.

Spirifer mucronatus, Conrad, in J. Hall, 1862-66, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 216, pl. 34. — HAMILTON GROUP = DEVONIEN MOYEN.

— — Conrad sp. in F. Sandberger, 1889, *Devon. syst. in Nassau*, pp. 20 et 104, pl. 3, fig. 2. — DEVONIEN INFÉRIEUR DU NASSAU.

Sandberger assimile à l'espèce américaine de ce nom, abondante dans l'Hamilton group ou Devonien moyen, une forme étendue transversalement, portant dix-sept plis latéraux anguleux, avec un bourrelet aplati divisé par une fissure longitudinale et couverte de très fines stries d'accroissement ondulées. Il la cite des Rhäpido-phyllen-Schiefer qu'il considère comme l'équivalent du *Hunsrückien* de Dumont.

La figure donnée par F. Sandberger, ainsi que sa description semblent se rapporter à une petite valve de *Sp. subcuspidatus*, ce que confirmerait aussi sa position stratigraphique.

D'autre part, le *Sp. mucronatus* étant la forme représentative américaine du *Sp. comprimatus*, Schloth. (= *Sp. Bouchardi*, Murch.) du Devonien moyen européen, l'assimilation faite par le savant professeur de Würzburg, semble ne pas pouvoir être maintenue.

Spirifer Nerei, Barrande, 1847, *Brach. d. silur. schichten v. Böhmen* (Naturw. Abhandl. v. W. Haidinger, II), p. 179, pl. 15, fig. 4. — KONIEPRUS, ETC. F2.

— — Roemer, F.-A., 1850, *Beitr. Harz., I*, p. 58, pl. 9, fig. 12. — BRACHIOPODEN KALK, KLOSTERHOLZ.

Spirifer Nerei, de Tromelin et Lebesconte, 1876, *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, IV, p. 609. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE VIRÉ, SARTHE.

— — **var. Kayser**, 1878, *Die Fauna d. ältest. Devon. Harz.*, p. 170, pl. 23, figs. 1-5; pl. 25, fig. 22? — KLOSTERHOLZ, ZORGE (HERCYNIE).

— — **Barrande**, 1879, *Syst. silur. V, Brach.*, pl. 6, figs. 7-15. — KONIEPRUS, F2; pl. 124, figs. 4-10. — SLIVENETZ ET DONETZ, F1; KONIEPRUS, F2; LOCHKOW, G1.

Spirifer cf. Nerei, Barrois, 1889, *Faune du Calcaire d'Erbray*, p. 134, pl. 7, fig. 2.

Espèce silurienne? que M. Kayser renseigne comme variété dans le Devonien le plus inférieur du Harz. M. Barrois la retrouve, sous cette forme, à Erbray et signale ses affinités avec le *Sp. hystericus*.

Spirifer Oehlerti, Barrois, 1889, *Faune du Calcaire d'Erbray*, p. 143.

— CALCAIRE BLANC D'ERRAY ET DEVONIEN INFÉRIEUR DE ST-GERMAIN-DU-FOUILLLOUX.

— **undiferus**, Oehlert, 1877, non Roemer, *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, V, p. 595. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE LA MAYENNE.

M. Barrois substitue le nom de *Sp. Oehlerti* à celui de *Sp. undiferus* employé par M. Oehlert pour désigner un Spirifère du Devonien inférieur de la Mayenne différent du type *undiferus*, de F.-A. Roemer, ce dernier caractérisant, dans le massif belge-rhénan, les couches à *Stringocéphales* du Devonien moyen.

M. Kayser, en 1883 (1), avait déjà cru reconnaître dans la forme de la Mayenne, le *Sp. unduliferus* rhénan, morphologiquement et stratigraphiquement différent du type de Roemer (Voir ici, p. 285).

Spirifer Omaliusi, Marie Rouault, 1851, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VIII, p. 395. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE GAHARD.

Encore une espèce insuffisamment fixée à défaut de figure.

(1) Zeitschr. d. Deutsch geol. Gesellsch. XXXV, p. 310.

Spirifer Orbignyi, Morris et Sharpe, 1846.

Voir ici, p. 262.

Spirifer ostiolatus, C.-F. Roemer, 1844, non Schlotheim, type.

Synonyme de *Sp. hystericus* (Bécl., loc. cit., p. 149).

Le *Sp. ostiolatus*, créé par Schlotheim, est une forme du Devonien moyen, qui sera examinée avec les Spirifères de cette époque.

Spirifera Oweni, J. Hall, 1862-66, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 197, pl. 29. — UPPER HELDERBERG GROUP == COBLENZIEN.

A des affinités avec le *Sp. ostiolatus*, Schloth.

Spirifer Paillettei, de Verneuil, 1850, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VII, p. 177, pl. 4, fig. 3. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE SABERO.

Petite coquille subtriangulaire ornée de 5-6 plis latéraux simples, anguleux; sinus avec un gros pli médian; bourrelet très prononcé et fortement prolongé donnant à cette forme un caractère spécial.

Cette espèce n'a pas été rencontrée en Belgique.

Spirifer paradoxoïdes, Quenstedt, 1871.

Spécificité non fixée. — En partie synonyme de *Sp. primævus* (Bécl., loc. cit., p. 138).

Spirifer (Terebratulites) paradoxus. Schlotheim, 1813.

Espèce coblenzienne (Bécl., loc. cit., pp. 199 et suiv.).

Spirifer paradoxus, var. **Hercyniæ**, Barrois, 1889.

Synonyme de *Sp. paradoxus* (Bécl., loc. cit., p. 211).

Spirifer parvejugatus, Maurer, 1886, *Fauna d. rechtsrhein. Unter-devon.*, p. 19. — TAUNUS QUARZIT.

Spécificité insuffisamment fixée. — A rayer.

Spirifer phalæna, F. Sandberger, 1889.

Synonyme de *Sp. paradoxus* (Bécl., loc. cit., pp. 212 et 215).

Spirifer Pellico, de Verneuil, 1845.

Synonyme de *Sp. paradoxus* (Bécl., loc. cit., pp. 201 et suiv.).

Spirifer pollens, F.-A. Roemer, 1850, non Barrande.

Serait synonyme de *Sp. paradoxus* (Bécl., loc. cit., pp. 203, 204, 208).

Spirifer primævus, Steininger, 1853.

Espèce coblenzienne (Bécl., loc. cit., p. 137).

Spirifer prohystericus, Maurer, 1886.

Synonyme de *Sp. hystericus*. (Bécl., loc. cit., pp. 159 et 162).

Spirifer (Delthyris) prora, Conrad = **Sp. acuminatus**, J. Hall.

Synonyme de *Sp. cultrijugatus* (Bécl., loc. cit., p. 184).

Spirifer pseudospeciosus, Frech 1887, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.* Bd. XXXIX, pp. 381 et 482. —
ZONE A **Sp. cultrijugatus**, DE CABRIÈRES.

Nouvelle espèce dont " l'aspect extérieur est identique au *Sp. speciosus*, mais qui s'en distingue cependant par l'existence, dans la grande valve, d'un septum médian. "

L'auteur ne la figure pas et n'en donne que cette diagnose insuffisante.

Spirifer pyxidatus, J. Hall, 1855-59, *Pal. of New-York*, vol. III, p. 428,
pl. 100, figs. 9-12. — ORISKANY SANDSTONE = TAU-
NUSIEN.

Spirifer quadriplicatus, G. et F. Sandberger, 1850-56, *Verst. Rhein. Schichtensyst. in Nassau*, p. 323, pl. 32, fig. 9.
— DEVONIEN INFÉRIEUR DE LAHNSTEIN.

Très petite coquille pyramidale, à très large sinus flanqué de trois plis latéraux formés par des plis plus fins ou stries. Le bourrelet est remplacé par une large dépression limitée par deux vives arêtes et un second pli latéral également formé par de fines stries.

Semble appartenir aux *Cyrtina*.

Spirifer Quichua, d'Orbigny, 1842, *Voyage dans l'Amérique mérid.*
Tome III, 4^e part., Paléont., p. 37, pl. 2, fig. 21.

Une empreinte de valve dorsale d'un Spirifère portant 6 grosses côtes latérales simples et une forte protubérance musculaire, provenant du Devonien de Tomina (Bolivie), est décrite et figurée sous ce nom par d'Orbigny.

Quoique son niveau géologique ne soit pas autrement précisé, je signale cette forme pour ses analogies avec les moules du *Sp. primævus* de l'Europe occidentale (Bécl., loc. cit., p. 143).

Spirifer radiatus, Murchison, 1839, *Silurian syst.*, pl. 12, fig. 16.

— — Steininger, 1853, *Geogn. Beschr. d. Eifel*, p. 76. —
GRAUWACKE DE DALEIDEN.

Espèce silurienne? L'identification de Steininger n'est pas justifiée.

Spirifer raricosta, Conrad, in J. Hall., 1862-66, *Pal. of New-York*,
vol. IV, p. 192, pl. 27 et 30. — SCHOHARIE GRIT;
CORNIFEROUS LIMESTONE : UPPER HELDERBERG GROUP
= COBLENZIAN.

M. Kayser (Aeltest. Devon., 1878, p. 176) et M. Barrois (Faune d'Erbray, 1889,
p. 138), reconnaissent dans cette forme le *Sp. Jaschei*, F.-A. Roemer.

Spirifer robustus, Barrande, 1847, *Brach. d. silur. schichten v. Böhmen*. (Naturw. Abhandl. v. W. Haidinger, II),
p. 162, pl. 15, fig. 1. — MNENIAN, F.

— — Barrande, 1879, *Syst. Silur. V. Brach.* pl. 5.
figs. 1-4; pl. 124, fig. IV. — KONIEPRUS, F2.

— — Barrois, 1889, *Faune du Calcaire d'Erbray*,
p. 140, pl. 9, fig. 6.

M. Barrois assimile à l'espèce de Barrande un Spirifère du Devonien inférieur d'Erbray.

Spirifer Rojasi, de Verneuil, 1850, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série,
VII, pp. 160 et 178, pl. 4, fig. 4. — CALCAIRES DEVO-
NIENS DE COLLE, PRÈS SABERO, ESPAGNE.

— — de Verneuil et Barrande, 1855, *Ibid.*, XII, p. 1016. —
DEVONIEN DE GUADALPÉRAL.

Coquille de taille moyenne pourvue de 7-8 *plis simples*, arrondis, ornés de stries transverses crénelées; sinus lisse avec un pli médian très effacé; bourrelet simple et arrondi.

En citant de nouveau cette espèce, en 1854, dans une liste des fossiles du terrain paléozoïque du centre de l'Espagne, de Verneuil ajoute " espèce à *plis dichotomes*, très ornés, déjà trouvée à Sabero. „

Il doit y avoir dès lors erreur d'identification, car la figure donnée en 1850 par le même auteur montre des plis *non bifurqués*.

Cette forme n'a pas été rencontrée en Belgique.

Spirifer Rollandi, Barrois, 1886, *Ann. Soc. géol. du Nord*, XIII, p. 182, pl. 5, fig. 1. — CALCAIRE DE CHAUDEFONDS (DEVONIEN MOYEN?)

Ce Spirifère a des affinités avec de nombreuses autres formes du groupe du *Sp. undiferus*. Si je le cite, c'est pour appeler l'attention sur les rapports intimes qu'il présente aussi avec une autre forme du Calcaire d'Erbray, désignée par MM. Barrois et Oehlert sous le nom de *Sp. subsulcatus*. Voir ici, p. 283. La comparaison des figures en donne la démonstration.

Spirifer Rousseau, Marie Rouault, 1846.

Synonyme de *Sp. hystericus* (Bécl., loc. cit., pp. 149 et suiv.).

Spirifer segmenta, J. Hall, 1862-66, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 207, pl. 31. — UPPER HELDERBERG GROUP = COBLENTZIEN.

Spirifer sericeus, F.-A. Roemer, 1855, *Beitr. Harz.*, III, p. 4, pl. 2, fig. 6. — SILURIEN DU SCHNECKENBERG.

— — Giebel, 1858, *Silur. Fauna Unterharz.*, p. 31, pl. 4, figs. 15-17.

— — Kayser, 1878, *Die Fauna d. ältest. Devon. Harz.*, p. 163, pl. 21, figs. 4, 5, 8 et 9. — DEVONIEN INFÉRIEUR (HERCYNIE) DE JOACHIMSKOPF.

— — Barrois, 1889, *Faune du Calcaire d'Erbray*, p. 145, pl. 9, fig. 10.

Espèce silurienne (?) signalée dans le Devonien inférieur par MM. Kayser et Barrois.

Spirifer socialis, Krantz, 1857.

Synonyme de *Sp. primævus* (Bécl., loc., cit., p. 138).

Spirifer solitarius, Krantz, 1857, *Verhandl. Naturhist. Vereins Rheinl. u. Westf.*, Jahrg. XIV, p. 152, pl. 9, fig. 1. — GRAUWACKE DE MENZENBERG.

L'auteur a-t-il bien représenté un Spirifère? La figure 1 b semble appartenir à *Strophomena Sedgwicki* du même horizon stratigraphique.

Spirifer (Trigonotreta) speciosa, Bronn, 1837, *Lethæa geognostica*, I, p. 81. CITÉ DANS LE CALCAIRE DE L'EIFEL: A L'ÉTAT DE MOULES DANS LA GRAUWACKE RHÉNANE ET DU HARZ.

C'est le *Sp. speciosus* type, de Schlottheim, qui sera examiné avec les formes du

Devonien moyen (Bécl., loc. cit., p. 135). Cette espèce ne se trouve pas dans la Grauwacke du Devonien inférieur.

Spirifer speciosus alatus, F.-A. Roemer, 1843.

Variété non fixée (Bécl., loc. cit., p. 200).

Spirifer speciosus, var. *decemplicata*, F. Sandberger, 1889, *Devon. syst. in Nassau*, p. 104, pl. 3, fig. 1. — DEVONIEN INFÉRIEUR.

Variété décrite et figurée d'après un échantillon défectueux. Suivant l'auteur, elle traverserait tout le Devonien inférieur du Nassau et serait remplacée, dans les couches à Calcéoles, par le type *speciosus* de Schlotheim.

Spirifer (Terebratulites) striatissimus, Schlotheim, 1813, in v. Leonhard, *Taschenb. für Miner.*, VII, pl. 2, fig. 7. — KONITZ.

— — Schlotheim, 1820, *Die Petrefact.*, I, p. 252 et 1822, *Nachträge*, p. 66.

Espèce insuffisamment fixée qui n'appartient vraisemblablement pas au Devonien.

Spirifer subcabedanus, Barrois, 1889, *Faune du Calcaire d'Erbray*, p. 138, pl. 9, fig. 5.

Espèce créée par M. Barrois pour un petit Spirifère portant 5-6 plis latéraux simples, avec le sinus garni d'un pli médian et le bourrelet divisé par un sillon longitudinal. Elle est à rapprocher du *Sp. cabedanus*, de Verneuil, qui possède 12 plis latéraux et qui présente quelques autres variations morphologiques d'ordre secondaire.

Ce Spirifère n'a pas été rencontré en Belgique.

Spirifer subcuspidatus, Schnur, 1853.

— — var. **alata**, Kayser, 1871.

Espèce coblenzienne (Bécl., loc. cit., p. 169).

Spirifer sublævis, F.-A. Roemer, 1855, *Beitr. Harz.*, III, p. 10, pl. 3, fig. 2 — REISENBACHTHALE, PRÈS DE SCHULENBERG. NIVEAU SUPÉRIEUR DU SPIRIFEREN SANDSTEIN.

— — Beushausen, 1884, *Oberharz. Spiriferen sandst.*, (Abhandl. k. preuss. geol. Landes., VI), p. 121, pl. 6, fig. 15. — BOCKSBURG.

Petite espèce lisse qui n'a pas été rencontrée dans le Devonien inférieur en

Belgique; mais des formes très sensiblement analogues ont été recueillies dans le Devonien moyen et nous aurons par conséquent à y revenir.

Spirifer submucronatus, J. Hall, 1855-59, *Pal. of New-York*, vol. III, p. 419, pl. 96, fig. 7. — ORISKANY SANDSTONE = TAUNUSIEN.

Spirifer subspeciosus, de Verneuil, 1850, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VII, p. 179, pl. 4, fig. 5. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE FERRONES.

— — de Verneuil et Barrande, 1855, *Ibid.*, XII, p. 1016. — VALLENEGRILLO.

— — F. Roemer, 1863, *Reise nach Constantinople* (Neues Jahrb. für Min.), p. 520, pl. 3. — SENIKEVI, PRÈS D'ISTENIA.

— — de Verneuil, 1864, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, XXI, p. 150. — CONSTANTINOPLE.

— — de Tchihatcheff, 1864, *Le Bosphore et Constantinople*, pp. 482 et 484.

— — de Tchihatcheff, 1867, *Asie Mineure*, I, p. 520.

— — d'Archiac et de Verneuil, 1867, *Comptes rendus Acad. Paris*, LXIV, p. 1219. — RIVES DU BOSPHORE.

— — de Verneuil, 1866-69, *Asie Mineure. — Paléont.*, p. 17 et Appendice, p. 476. — KELENDER, ETC.

— — Quenstedt, 1871, *Petref. Deutschl. Brach.*, p. 483, pl. 52, fig. 43. — GRAUWACKE DE LAUBACH.

— — Barrois, 1882, *Asturies*, p. 247, pl. 9, fig. 9. — TYPE: CALCAIRE DE FERRONES ET CALCAIRE DE NIEVA. — VARIÉTÉ: CALCAIRE DE FERRONES; CALCAIRE D'ARNAO. (= GRAUWACKE DE MONTIGNY ET DE HIERGES.)

Coquille à plis latéraux plus nombreux, plus grêles et plus saillants que chez le *Sp. speciosus* type et dont la forme semble sujette à variations sensibles, à en juger par les figures de de Verneuil et de M. Barrois.

A propos de cette espèce, de Verneuil faisait remarquer, en 1866-69, que, " parmi les nombreux échantillons de Spirifères à *sinus lisse* et à côtes rayonnantes simples que fournit le terrain devonien, on en trouve qui passent les uns aux autres par

tant de gradations qu'il est très difficile de savoir où prendre des caractères fixes pour distinguer les espèces. „

Ces gradations, ajoutait l'auteur, ont entraîné Davidson à réunir au *Sp. speciosus* plusieurs formes, désignées sous des noms différents, provenant de la Grauwacke des bords du Rhin et d'autres contrées, et il concluait en disant que " *au milieu de ces formes variées, on pourrait très probablement arriver à reconnaître quelques espèces fixes, mais il faudrait réunir de très nombreux et très bons échantillons.* „

C'est, en effet, le résultat auquel j'ai abouti en étudiant les Spirifères du Coblenzien belge au moyen des collections étendues réunies au Musée de Bruxelles (Bécl., loc. cit., p. 129).

Spirifer subsinuatus, F.-A. Roemer, 1855. *Beitr. Harz.*, III, p. 3, pl. 2, fig. 5. — SCHECKENBERG, SILURIEN.

— — Giebel, 1858, *Silur. Fauna Unterharz.*, p. 31, pl. 4, fig. 11.

M. Kayser le réunit au *Sp. togatus* comme variété *subsinuata*, de l'Herceynien. (Voir ici, p. 284.)

Spirifer subsulcatus, Barrois, 1889. *Faune du Calcaire d'Erbray*, p. 129, pl. 8, fig. 2.

— — Oehlert, 1889, *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, XVII, p. 781. — DEVONIEN INFÉRIEUR DE S^t MALO ET JOUÉ, SARTHE.

Espèce à très gros et larges plis, du groupe *undiferus*, créée par M. Barrois pour une forme du Calcaire gris d'Erbray, qui présente aussi les plus grands rapports avec le *Sp. sulcatus*, Hisinger, du Silurien, tel qu'il a été décrit et figuré par Barrande.

L'auteur rattache à son *Sp. subsulcatus* le Spirifère herceynien du Harz, non dénommé mais figuré par M. Kayser dans *Die Fauna d. ältest. Devon. d. Harz*, p. 164, pl. 21, fig. 6 et pl. 25, figs. 18-19.

Spirifer superstes, Barrande, 1847. *Brach. d. Silur. schichten v. Böhmen* (Naturw. Abhandl. v. W. Haidinger, II), p. 164, pl. 17, fig. 8. — MNINIENIAN, ETC.

— — Barrande, 1879, *Syst. silur. V, Brach.* — pl. 125, fig. 1. — KONIEPRUS, F2; pl. 1, figs. 5-6. — LOCHKOW ET SRBSKO, G 1; pl. 123, figs. 2-3 a. — CHOTECZ ET DWORETZ, G 1.

— — Frech, 1887, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch* Bd. XXXIX, p. 482. DEVONIEN INFÉRIEUR : CALCAIRE BLANC DU PIC = F2.

Espèce silurienne? que M. Frech signale dans le Devonien inférieur de Cabrières.

Spirifer togatus, Barrande, 1847, *Brach. d. Silur. schichten v. Böhmen* (Naturw. Abhandl. v. W. Haidinger, II), p. 167, pl. 15, fig. 2. — BERAUN, KONIEPRUS, S^t IWAN, ETC. E. F.

— — Kayser, 1878, *Die Fauna d. ältest. Devon. Harz.*, p. 160, pl. 21, fig. 3. — CALCAIRE DE JOACHIMSKOPF, PRÈS ZORGE.

— — Barrande, 1879, *Syst. Silur. V Brach.*, pl. 5, figs. 10, 12-14. — KONIEPRUS, F2; fig. 15. — MNINIENIAN, F2; figs. 11 et 16. — TACHLOWITZ, E2.

M. Kayser réunit au *Sp. togatus*, Barrande, le *Sp. Davousti*, de Verneuil, qu'il ne peut admettre comme spécifiquement distinct pour la seule raison que le premier se rencontre parfois avec des expansions lamelliformes autour de la coquille et que le second n'en présente pas, cette particularité n'ayant pas de valeur spécifique.

M. Oehlert (loc. cit., p. 268) n'admet pas l'identification de M. Kayser.

La forme, de la Grauwacke de Daleiden, figurée par Schnur (loc. cit., p. 37, pl. 14, fig. 4), sous le nom de *Sp. Verneuili*, y est aussi réunie avec doute par M. Kayser.

Les deux valves de Spirifère, recueillies en Belgique, par M. Dewalque, dans les psammites jaunes d'Angres, Devonien inférieur, et rapportées par lui au *Sp. disjunctus* (1) du Devonien supérieur, sont à rapprocher également de cette forme.

Spirifer togatus, var. **subsINUATA**, Kayser, 1878, *Die Fauna d. ältest. Devon. Harz.*, p. 162, pl. 21, figs. 1, 2, 7. — CALCAIRE DU SCHNECKENBERG ET BADEHOLZ (HERCYNIE).

M. Kayser fait du *Sp. subsinuatus*, F. A. Roemer (2), une variété du *Sp. togatus* qui diffère, dit-il, du type, "par le contour plus carré, une épaisseur plus faible de la coquille et un large sinus restant très plat et correspondant à un bourrelet moins élevé et plus aplati. „

Spirifer transiens, Barrande, in Barrois, 1889, *Faune du Calcaire d'Erbray*, p. 144, pl. 9, fig. 9.

Coquille à larges plis arrondis, à relief très faible, finement striés. C'est encore une forme appartenant au groupe du *Sp. undiferus*, C.-F. Roemer.

Spirifer tribulis, J. Hall, 1855-59, *Pal. of New-York*, vol. III, p. 420, pl. 96, fig. 8. — ORISKANY SANDSTOEN = TAUNUSIEN.

Spirifer Trigeri, de Verneuil, 1850.

Espèce coblenzienne (Bécl., loc. cit., p. 225).

(1) Annales Soc. géol. de Belg., t. XXI, Bull. p. LXXXI, 1894.

(2) Voir ici, p. 283.

Spirifer trisectus, Kayser, 1882 et 1883, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.* XXXIV, p. 199; XXXV, p. 311, pl. 14, figs. 1-4. — GRAUWACKE D'EBERSBACH, CRANSBERG, DILLENBURG, ETC.

— — F. Sandberger, 1889, *Devon. syst. in Nassau*, pp. 31 et suiv. — SPIRIFEREN SANDSTEIN.

Grande coquille figurée par des moules internes portant trois profondes incisions à l'emplacement du crochet. Un intérieur de grande valve montre, en effet, deux fortes plaques dentaires et, entre celles-ci, un septum médian encore plus fort se prolongeant jusqu'au delà des $\frac{2}{3}$ de la longueur de la valve. Un fragment de test présente des lamelles d'accroissement bordées de rangées de papilles comme chez nos Spirifères coblenziens.

Cette espèce n'a pas été rencontrée en Belgique.

Spirifer trisectus, mut. nov. Frech, 1887, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.* XXXIX, p. 482. — ZONE A **Sp. cultrijugatus** DE CABRIÈRES.

Simplement cité.

Spirifer undiferus, C.-F. Roemer, 1844, *Rhein. Ueberg.*, p. 73, pl. 4, fig. 6.

Espèce du Devonien moyen qui sera examinée avec les Spirifères de cette époque, mais que je mentionne ici parce que divers auteurs y ont rapporté des formes rencontrées dans le Devonien inférieur, notamment :

J. Schnur, dans la Grauwacke de Daleiden;

M. Oehlert, dans le Devonien inférieur de la Mayenne;

M. Gosselet, dans la Grauwacke de Hierges.

Spirifer undiferus var. **undulata**, F. Roemer, in Etheridge, 1872, *Queensland fossils* (Proceed. geol. Soc., vol. 28), p. 331, pl. 15, fig. 4.

Synonyme de *Sp. daleidensis*. (Bécl., loc. cit., p. 220).

Spirifer unduliferus, Kayser, 1883, *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch.* XXXV, p. 310, pl. 13, fig. 4. — WALDERBACH, PRÈS STROMBERG, HUNSRUCK; GRAUWACKE DE DALEIDEN.

Espèce établie par M. Kayser sur un moule unique provenant de la Grauwacke de Daleiden, qui semble appartenir au *Sp. undiferus* et se rapporter aux figures 3i et 3k, pl. 34 et fig. 2, pl. 35, de Schnur (loc. cit.), mais qu'il en sépare stratigraphiquement.

Le *Sp. undiferus* est, en effet, une forme bien nette et bien caractéristique du Givetien. C'est pourquoi M. Kayser, en raison des affinités zoologiques de son moule avec ce type, le désigne sous le nom de *Sp. unduliferus* "précurseur, dans les couches inférieures au Calcaire de l'Eifel, de l'espèce du Devonien moyen."

Nous avons vu plus avant (p. 276) que M. Barrois a également créé un nouveau nom (*Sp. Oehlerti*) pour le représentant de cette même forme dans le Devonien inférieur de l'Ouest français.

Spirifer unica J. Hall, 1862-66, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 203, pl. 30. — CORNIFEROUS LIMESTONE : UPPER HELDERBERG, GROUP = COBLENZIEN.

Spirifer Urii, Flemming, in Maurer, 1881, *Neues Jahrb. für Min.*, I, Beil. Band. — p. 56, pl. 4, figs. 4 et 5. — CALCAIRE DE GREIFENSTEIN.

Encore une petite forme lisse appartenant au groupe des Spirifères glabres *unguiculus*, *inflatus*, *hians*, etc., du Devonien moyen et supérieur et du Calcaire carbonifère. Elle sera examinée avec les formes du Devonien moyen, mais je la cite dans ce catalogue parce que M. Maurer y assimile des échantillons recueillis dans le Calcaire de Greifenstein.

Je rappellerai qu'à une exception près, *Sp. curvatus* (Bécl., loc. cit., p. 135), la faune coblenzienne ne renferme que des Spirifères plissés.

Spirifer varicosa, J. Hall, 1862-66, *Pal. of New-York*, vol. IV, p. 205, pl. 31. — CORNIFEROUS LIMESTONE : UPPER HELDERBERG GROUP = COBLENZIEN.

A rapprocher du *Sp. subcuspidatus*, Schnur.

Spirifer varicosa, var. J. Hall, *Ibid.*, p. 206, pl. 31. — CORNIFEROUS LIMESTONE : UPPER HELDERBERG GROUP = COBLENZIEN.

Spirifer Venus, d'Orbigny, 1850.

Espèce nominale du *Prodrôme*, fixée par M. Oehlert (Bécl., loc. cit., p. 162).

Spirifer Venus, Bayle, 1878.

Espèce non fixée (Bécl., loc. cit., p. 162).

Spirifer Waldferdini, Marie Rouault, 1851, *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, VIII, p. 396. DEVONIEN INFÉRIEUR DE GAHARD.

Encore une espèce insuffisamment établie.

Spirifer Zeilleri, Barrois, 1882, *Asturies*, p. 256, pl. 9, fig. 13. — CALCAIRE DE CANDAS (= FRASNIEN) ET D'ARNAO (= COUCHES A *Sp. cultrijugatus*.)

Petite coquille très voisine du *Sp. Legayi* du Frasnien de Ferques. N'a pas été rencontrée dans le Devonien inférieur de Belgique.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

SPIRIFÈRES CITÉS

<i>Sp. aculeatus</i>	p. 261	<i>Sp. Cytherea</i>	p. 267
<i>acuminatus</i>	p. 261	<i>daleidensis</i>	p. 267
<i>alatus</i>	p. 262	<i>Davousti</i>	p. 268
— var. <i>suturata</i>	p. 262	<i>Decheni</i>	p. 268
<i>antarcticus</i>	p. 262	<i>dichotomus</i>	p. 269
<i>antiqua</i>	p. 262	<i>disparilis</i>	p. 269
<i>aperturatus</i>	p. 263	<i>divaricata</i>	p. 269
<i>arctisegmenta</i>	p. 263	<i>dubia</i>	p. 269
<i>arduennensis</i>	p. 263	<i>Dumontianus</i>	p. 269
<i>arenosus</i>	p. 263	<i>dunensis</i>	p. 269
<i>arrectus</i>	p. 263	<i>duodenaria</i>	p. 269
<i>attenuatus</i>	p. 264	<i>Dutemplei</i>	p. 269
<i>auriculatus</i>	p. 264	<i>euruteines</i>	p. 270
<i>avirostris</i>	p. 264	— var. <i>fornacula</i>	p. 270
<i>Baptistai</i>	p. 264	<i>excavatus</i>	p. 270
<i>Bazini</i>	p. 264	<i>Ezquerria</i>	p. 270
<i>Beaujeani</i>	p. 265	<i>falco</i>	p. 270
<i>Belouini</i>	p. 265	<i>fallax</i>	p. 271
<i>Bischofi</i>	p. 265	<i>fimbriata</i>	p. 271
<i>Cabanillas</i>	p. 265	<i>gerolsteinensis</i>	p. 271
<i>Cabedanus</i>	p. 265	<i>Gosseleti</i>	p. 271
<i>canaliferus</i>	p. 266	<i>Greeni</i>	p. 271
<i>carinatus</i>	p. 266	<i>gregaria</i>	p. 271
<i>ceptoptera</i>	p. 266	<i>grieri</i>	p. 272
<i>compressa</i> , Godlf.	p. 266	<i>Guyoti</i>	p. 272
<i>compressus</i> , Maurer.	p. 266	<i>Hawkinsii</i>	p. 272
<i>concentricus</i>	p. 267	<i>Hercyniæ</i>	p. 272
<i>crispus</i>	p. 267	<i>hystericus</i>	p. 272
<i>cultrijugatus</i>	p. 267	<i>ignoratus</i>	p. 272
<i>cumberlandiæ</i>	p. 267	<i>Ilsæ</i>	p. 272
<i>curvatus</i>	p. 267	<i>indifferens</i>	p. 272
<i>cuspidatus</i>	p. 267	— var. <i>elongata</i>	p. 273

<i>Sp. indifferens</i> v. <i>transiens</i> .	p. 273
<i>intermedius</i>	p. 273
<i>Jaschei</i>	p. 273
<i>Jouberti</i>	p. 274
<i>Jovis</i>	p. 274
<i>latestriatus</i>	p. 274
<i>macra</i>	p. 274
<i>macropterus</i>	p. 274
<i>macrothyris</i>	p. 274
<i>manni</i>	p. 274
<i>Mercurii</i>	p. 274
<i>micropterus</i>	p. 274
<i>Mischkei</i>	p. 275
<i>mucronatus</i>	p. 275
<i>Nerei</i>	p. 275
— var.	p. 276
cf. <i>Nerei</i>	p. 276
<i>Oehlerti</i>	p. 276
<i>Omaliusi</i>	p. 276
<i>Orbigny</i>	p. 277
<i>ostiolatus</i>	p. 277
<i>Oweni</i>	p. 277
<i>Paillettei</i>	p. 277
<i>paradoxoides</i>	p. 277
<i>paradoxus</i>	p. 277
— var. <i>Hercyniæ</i>	p. 277
<i>parvejugatus</i>	p. 277
<i>phalaena</i>	p. 277
<i>Pellico</i>	p. 278
<i>pollens</i>	p. 278
<i>primævus</i>	p. 278
<i>prohystericus</i>	p. 278
<i>prora</i>	p. 278
<i>pseudospeciosus</i>	p. 278
<i>pyxidatus</i>	p. 278
<i>quadriplacatus</i>	p. 278
<i>Quichua</i>	p. 278
<i>radiatus</i>	p. 279
<i>raricosta</i>	p. 279

<i>Sp. robustus</i>	p. 279
<i>Rojasi</i>	p. 279
<i>Rollandi</i>	p. 280
<i>Rousseau</i>	p. 280
<i>segmenta</i>	p. 280
<i>sericeus</i>	p. 280
<i>socialis</i>	p. 280
<i>solitarius</i>	p. 280
<i>speciosus</i>	p. 280
— <i>alatus</i>	p. 281
— v. <i>decemplicata</i> .	p. 281
<i>striatissimus</i>	p. 281
<i>subcabedanus</i>	p. 281
<i>subcuspidatus</i>	p. 281
— var. <i>alata</i> .	p. 281
<i>sublævis</i>	p. 281
<i>submucronatus</i>	p. 282
<i>subspeciosus</i>	p. 282
<i>subsinnuatus</i>	p. 283
<i>subsulcatus</i>	p. 283
<i>superstes</i>	p. 283
<i>togatus</i>	p. 284
— var. <i>subsinuata</i> .	p. 284
<i>transiens</i>	p. 284
<i>tribulis</i>	p. 284
<i>Trigeri</i>	p. 284
<i>trisectus</i>	p. 285
— mut. nov.	p. 285
<i>undiferus</i>	p. 285
— var. <i>undulata</i> .	p. 285
<i>unduliferus</i>	p. 285
<i>unica</i>	p. 286
<i>Urie</i>	p. 286
<i>varicosa</i>	p. 286
— var.	p. 286
<i>Venus</i>	p. 286
<i>Waldferdini</i>	p. 286
<i>Zeilleri</i>	p. 286

NOTE

SUR QUELQUES POINTS NOUVEAUX DE LA

GÉOLOGIE DES FLANDRES

PAR

A. Rutot.

INTRODUCTION

La plupart des communications qui vont suivre ayant rapport à l'étage paniselien, je crois utile d'en donner ci-après l'échelle stratigraphique complète, avec les notations qui ont été attribuées à chacun des termes par le Conseil de Direction de la Carte géologique au 1/40 000.

Étage paniselien (P).*Assise supérieure (P2).*

- P2.** { Sable à Turritelles.
Sable argileux de Gand et d'Aeltre avec banc de *Cardita planicosta*.
Sable avec *Cardium porulosum* et traces de gravier à la base.

Assise inférieure (P1).

- P1n.** Argile grise plastique, d'origine lagunaire ou polderienne.
P1d. Sable glauconifère avec grès en plaquettes plus ou moins fossilifères, bois pétrifié et grès fistuleux.
P1c. Argile plus ou moins sableuse et glauconifère, argilite et grès plus ou moins durs, souvent silicifiés au centre, parfois très fossilifères.
P1b. Sable glauconifère, parfois pur, avec grès rares; parfois traversé de fines linéoles d'argile grise, plus ou moins nombreuses.

- P1a.** Gravier localisé de gros grains de quartz et de cailloux roulés.
P1m. Argile grise, plastique, sans glauconie, d'apparence souvent schistoïde, d'origine lagunaire ou polderienne.

On sait que l'étage panisélien repose, partout où il existe, sur l'étage ypresien, constitué, au sommet par du sable fin *Yd* avec lit de *Nummulites planulata* et linéoles d'argile ; au bas par l'argile plus ou moins sableuse *Yc*.

Ces données étant fournies, je désignerai, pour plus de concision, les termes dont j'aurai à parler, par leur notation géologique.

I. — FORAGES PROFONDS A BRUGES.

Bruges manque complètement d'eau potable. Le sous-sol de cette ville ancienne est complètement infecté et les puits ordinaires fournissent une eau plus que suspecte.

On a donc essayé, en de nombreux points de la ville, de creuser des puits plus profonds, afin de voir s'il n'existait pas une nappe inférieure pouvant donner de l'eau de qualité satisfaisante, mais, paraît-il, sans résultat.

Grâce aux bons soins de M. l'Ingénieur des Ponts et Chaussées Van der Schueren, à qui je présente ici mes plus vifs remerciements, j'ai eu connaissance de documents (notes et échantillons), malheureusement presque toujours incomplets, relatifs à un grand nombre de puits creusés au Dépôt de mendicité (cour des hommes, cour de la laverie, cour de la cuisine, cour des mères, cour du refuge) ; au Gouvernement provincial (cour cochère) ; puis de forages effectués chez des particuliers : rue Eeckhout, rue Courte de Gand, rue Longue, rue Sainte-Catherine, Parvis Notre-Dame, rue Nord du Sablon, Porte de Gand (Minnewater), etc., etc.

Je ne puis malheureusement fournir des coupes complètes d'aucun des puits ; mais, en me livrant à un travail graphique, consistant à pointer sur des lignes verticales les parties connues de chacun des puits cités ci-dessus, et en comparant ces résultats à ceux d'un puits déjà publié par moi (1), et foré à Bruges-Bassins par M. Peters, je suis arrivé à acquérir quelques notions intéressantes.

Je crois, tout d'abord, utile de reproduire ci-après, telle que je l'ai donnée en 1887, la coupe détaillée du puits de Bruges-Bassins.

(1) A. RUTOT. *Détermination de l'allure souterraine des couches formant le sous-sol des Flandres entre Bruxelles et Ostende*. (Bull. Soc. Belge de Géol., t. I, 1887.)

Puits creusé à Bruges-Bassins.

Cote de l'orifice : + 5.

DESCRIPTION DES COUCHES.	PROFONDEURS	
	DE	A
1. Sable de mer, blanc, grossier, légèrement agglutiné, un peu argileux	0 ^m .00	4 ^m .00
2. Sable blanc, grossier, meuble, avec petits éclats roulés de silex blanchi.	4. 00	6. 10
3. Même sable blanc, très grossier, avec nombreux <i>Cardium edule</i> et autres coquilles	6. 10	7. 00
4. Sable gris verdâtre, très argileux	7. 00	8. 50
5. Même sable argileux gris verdâtre, avec lit de silex irrégulièrement émoussés	8. 50	9. 00
6. Sable gris meuble, assez grossier, avec beaucoup de <i>Cardium</i> , <i>Solen</i> , <i>Macra</i> , <i>Tellina</i> , etc.	9. 00	9. 40
7. Sable vert argileux avec linéoles d'argile sableuse brune, tourbeuse	9. 40	10. 00
8. Sable argileux vert, fin, homogène	10. 00	10. 50
9. Argile finement sableuse, brun jaunâtre, très micacée	10. 50	12. 95
10. Grès glauconifère, les uns à gros grains de quartz et de glauconie, les autres à éléments plus fins et micacés. On y découvre des traces de fossiles	12. 95	13. 35
11. Sable demi-fin, vert, homogène, avec grès glauconifères	13. 35	17. 55
12 et 13. Grès glauconifère, à texture plus ou moins grossière, durci au centre, de forme irrégulière	17. 55	19. 35
14. Argile sableuse à pâte fine, avec nombreuses linéoles blanches de calcaire, avec traces végétales ?	19. 35	19. 85

Il est regrettable que le puits ne soit pas descendu plus bas.

Je résume, dans la note déjà citée, la constitution du puits de la manière suivante :

TERRAINS RENCONTRÉS.	ÉPAISSEURS
Terrain moderne et quaternaire. { Sable plus ou moins coquillier.	9 ^m .40
Étage panisélien. { Sables glauconifères avec grès à grain variable et argilite.	10. 45
	Profondeur totale . . . 19. 85

En 1887, au moment où paraissaient les lignes qui précèdent, on était loin de savoir, au sujet des couches modernes et quaternaires de la Plaine Maritime, ce qu'on en sait aujourd'hui.

Actuellement, j'ai, en effet, effectué le levé de la plus grande partie du littoral et de la Flandre occidentale, y compris toute la région de Bruges.

La lumière s'est faite sur tous ces dépôts et, au sujet du puits dont je viens de reproduire la constitution géologique, je puis dire qu'il n'y existe pas de couches modernes et que les six premiers termes, formant

l'épaisseur de 9^m.40, constituent le *Flandrien marin*, assise la plus supérieure de toute la série quaternaire, dont l'importance et l'autonomie n'étaient pas soupçonnées en 1887 et qui, de nos jours, acquiert, au fur et à mesure du levé géologique des territoires de la basse Belgique, une très grande importance.

Dans ces 9^m.40 de couches, on reconnaît d'abord 4 mètres de sable jaunâtre, grossier, facies superficiel général du Flandrien (notation *q4* de la carte géologique au 1/40.000); puis 5^m.40 d'alternance de sable et d'argile avec nombreuses coquilles de l'époque actuelle, et gravier à la base (*q4m* de la carte géologique).

En dessous du Flandrien, le puits a, de plus, traversé 10^m.45 de Panisélien presque exclusivement sableux, avec grès, sauf vers le haut où de l'argile sableuse est constatée.

Un bon nombre de puits cités ci-dessus, vont plus bas; le plus profond (rue Eeckhout), descend jusque 46 mètres, et de l'ensemble des données fournies par M. l'Ingénieur Van der Schueren et de l'examen des échantillons, il résulte que la constitution générale du sous-sol de Bruges est la suivante:

Terrain moderne. Il ne semble guère y avoir de dépôts modernes à la surface du sol, sauf peut-être au Minnewater (Porte de Gand), où on a constaté jusque 7^m.50, des terrains argilo-tourbeux et caillouteux hétérogènes, probablement remaniés; ce qui n'a rien d'étonnant en ce point, situé près des anciennes fortifications et des anciens fossés.

Terrain quaternaire. Il semble que dans les forages d'où l'on possède des données, les 10 premiers mètres ont consisté en sable flandrien, comme à Bruges-Bassins.

J'ajouterai que mes levés autour de Bruges confirment ce qui vient d'être dit; car, bien que les dépôts modernes de la plaine maritime viennent toucher, au Nord, l'enceinte de Bruges, il est certain que la ville proprement dite est entièrement bâtie sur le Flandrien.

Étage panisélien. Il paraît également certain que le Panisélien s'étend, sous le Flandrien, sur environ 19 mètres d'épaisseur.

Dans sa masse principale, le Panisélien est presque exclusivement sableux; seuls des lits d'argile ligniteuse sont signalés à diverses hauteurs dans la masse.

D'une manière générale, le Panisélien, sous Bruges, est composé:

1° vers le haut, d'une couche de sable meuble, fin, pointillé de glauconie et de mica, avec petits lits de grès, couche dont l'épaisseur totale ne dépasse guère 2 mètres.

2° vers le bas, d'une couche épaisse de sable grossier, avec gros points de glauconie, très grandes paillettes de mica et très nombreux

fragments xylloïdes de lignite brun noirâtre. Cette couche a environ 15 mètres d'épaisseur ; elle présente à diverses hauteurs des bancs de grès dur et, vers le haut, des traces de test de fossiles ; vers le bas existent des accumulations de grains graveleux, peut-être même un véritable lit de gravier de gros grains de quartz.

Sous Bruges, le Panisélien prend donc un faciès littoral très accentué et les niveaux *P1m* et *P1c* semblent ne pas exister. Il est probable que le sable plus fin, supérieur, représente *P1d*, de sorte que, sous Bruges, ce qui reste du Panisélien (les couches les plus supérieures ayant été ravinées lors de l'arrivée de la mer flandrienne) présente la composition suivante :

P1d. Sable fin, glauconifère et micacé avec lits de grès durs.

P1b. Sable grossier à gros points de glauconie, à grandes paillettes de mica, avec lits de grès dur et amas de lignite xylloïde.

P1a ? Gravier de gros grains de quartz à la base ?

Je considère que c'est par suite d'une prise défectueuse d'échantillons que la connaissance positive du gravier de base nous échappe ; d'autant plus que les échantillons de la partie supérieure du sable ypresien sous-jacent sont mêlés à de très nombreux grains de gravier.

Étage Ypresien. Immédiatement sous le sable grossier *P1b*, vient un sable gris, fin, pur, dont les échantillons supérieurs sont remplis de grains de gravier, provenant très probablement de la base du Panisélien.

Plus bas, le sable est fin, pur, homogène, et il est caractérisé par la présence de nombreux spicules de spongiaires et d'autres petits bâtonnets organiques. Ce sable (*Yd*) ne paraît guère renfermer de lits d'argile et il a une quinzaine de mètres d'épaisseur.

Tout au bas des sondages les plus profonds, apparaît une argile grise (*Yc*), qui est l'argile ypresienne. Cette argile n'a guère été traversée que sur 3 mètres ; en réalité elle doit avoir plus de 100 mètres d'épaisseur.

On comprend maintenant pourquoi les forages de Bruges n'ont guère réussi à fournir de l'eau potable : c'est parce que, jusque 40 mètres environ de profondeur, le sous-sol est pour ainsi dire exclusivement sableux.

Les lits argileux signalés à divers niveaux vers la base du Flandrien ou vers le haut du Panisélien sont de simples lentilles, non continues, de sorte que toute la masse sableuse constituant le Flandrien, le Panisélien et le sommet de l'Ypresien, est complètement imprégnée par la

nappe superficielle corrompue. Il n'existe donc pas de nappe artésienne sous Bruges au-dessus de l'argile ypresienne et les puits profonds puisent dans la même nappe que les puits ordinaires.

II. — LE Puits ARTÉSIEN DE BLANKENBERGHE.

Les constatations faites à Bruges éclairent d'un jour tout nouveau l'interprétation des couches rencontrées dans le puits artésien de Blankenberghe.

J'ai publié, en 1888, un travail sur le puits artésien de Blankenberghe (1), d'après les matériaux qui m'avaient été remis par les sondeurs : Messieurs Ibels et Lang.

Non seulement, en 1888, je ne savais pas ce que je sais maintenant sur le Panisélien, mais je ne connaissais rien des couches modernes constituant la plaine maritime.

Depuis lors, mes levés dans la plaine maritime m'ont fourni la connaissance complète des couches modernes et quaternaires qui s'y rencontrent, de sorte que je suis à même de fournir, pour les couches des puits artésiens de Blankenberghe, des déterminations beaucoup plus précises.

Je transcris-ci après le résumé des couches traversées par le puits, d'après ma note de 1888 :

TERRAINS RENCONTRÉS.		ÉPAISSEURS.
Terrain moderne.	Sable de la plage	2 ^m .30
	Argile des Polders	0. 60
	Sable gris coquillier	1. 10
	Tourbe pure	2. 00
Terrain quaternaire.	Sable gris argileux	0. 40
	Argile sableuse	0. 50
	Sable gris argileux	2. 50
	Sable gris meuble.	18. 60
	Sable gris, vert meuble, très coquillier	7. 00
	Sable vert, grossier, très coquillier	1. 00
Étage ypresien.	Sable gris vert coquillier.	9 ^m .00
	Sable assez gros glauconifère, sans fossiles.	15. 00
	Argile grise, sableuse	62. 00
	Argile grise plastique	115. 00
Étage landenien.	Sable blanchâtre homogène	11. 00
Total		248. 00

(1) A. RUTOT. *Le Puits artésien de Blankenberghe*. (Bull. Soc. Belge de Géologie, t. II, 1888.)

Or, grâce à l'établissement de l'échelle stratigraphique des couches modernes et quaternaires de la Plaine Maritime et des nouvelles observations faites dans le Panisielien de la même région, je suis en mesure d'apporter des rectifications sérieuses à l'interprétation reproduite ci-dessus.

D'abord, pour ce qui concerne les couches modernes, voici la série stratigraphique normale, telle que je l'ai déduite de mes levés et telle que l'a trouvée aussi M. Mourlon dans les régions de l'Escaut et du Littoral qu'il a également levées ; j'y joins les notations des divers termes adoptés dans la légende de la carte géologique au 1/40 000.

sp. Sable de la plage et galets.

alp2. Argile supérieure des Polders.

alq. Sable meuble à *Cardium*, avec fines linéoles argileuses vers le haut, avec galets de tourbe et grès paniseliens remaniés vers le bas.

alp1. Argile inférieure des Polders.

alr2. Alternances très fines d'argile grise et de sable gris blanchâtre, avec lit de *Scrobicularia plana* au sommet.

t. Tourbe pure.

alr1. Sable fin, plus ou moins argileux, parfois avec lits d'argile.

Ce sable repose sur un sable gris plus grossier, qui est le sommet du Quaternaire flandrien.

De l'examen des échantillons du puits et du résultat de sondages pratiqués par moi, à proximité de l'orifice du puits, lors de mes levés, je puis actuellement rapporter toutes les couches traversées aux termes de la série stratigraphique développée ci-dessus.

Un seul terme manque — à part le sable de la plage, qui n'existe pas derrière les dunes — c'est l'argile des Polders supérieure.

D'après mes levés, elle vient toutefois pousser une pointe à proximité.

La sonde est donc entrée d'abord dans le sable coquillier *alq*, puis a successivement traversé la série complète des couches modernes *alp1*, *alr2*, *t* et *alr1* sur les épaisseurs qui seront données ci-après.

Sous *alr1*, la sonde est entrée dans le Flandrien *q4m*, facies marin, très coquillier, avec faune actuelle en place et faune éocène remaniée. La base de *q4m* est nettement indiquée par un lit graveleux, très coquillier.

On arrive ainsi à la profondeur de 36 mètres.

C'est alors qu'on entre dans l'Eocène, par des couches qui m'ont fort intrigué anciennement et que, faute de mieux, j'ai rangé avec

doute dans l'Ypresien, n'ayant alors encore aucune notion de l'existence ou de l'importance du terme sableux *P1b* et de la transformation des couches paniseliennes du facies normal en facies littoral, au fur et à mesure que l'on s'approche du littoral actuel.

Or ces couches sableuses, fossilifères entre 39 et 45 mètres, doivent représenter l'ensemble des termes *P1d* et *P1b* que je ne connaissais pas et que les puits de Bruges viennent de nous dévoiler, bien que sous un facies peu fossilifère.

Mais il y a mieux. Je viens de découvrir à Eeghem, à l'Ouest de Thielt, le terme *P1b* rempli de fossiles avec test, très semblable au facies rencontré dans le puits de Blankenberghe, de sorte que je crois la question complètement élucidée.

Pour ce qui concerne la découverte du terme *P1b* fossilifère, c'est en effectuant le levé de la feuille Wynghene-Thielt, que, passant par Eeghem, j'ai rencontré dans la prairie, à proximité de l'église du village, une petite excavation que l'on venait de creuser pour servir de fosse à rouir le lin.

L'excavation était carrée, d'environ 2^m.50 de côté et de 1 mètre de profondeur.

En l'absence de Quaternaire, on voyait très nettement, au sommet, sur 0^m.30 le bas du terme argileux *P1c* avec grès fossilifères, puis, sur 0^m.70, un sable vert, glauconifère, rempli de fossiles avec le test, à faune paniseliennne.

Des sondages effectués dans les environs m'ont donné, tantôt le facies altéré sans fossiles, tantôt le facies normal fossilifère.

J'ajouterai encore que la série des sédiments paniseliens de Blankenberghe ressemble beaucoup à celle de Bruges ; au sommet, on a d'abord des sables fins, glauconifères, puis, plus bas, viennent les sables à gros grains, gros points de glauconie, grandes paillettes de mica ; la seule différence consiste dans l'absence, à Blankenberghe, des fragments de lignite xyloïde.

Ces nouvelles données fournies, voici comment j'interprète actuellement les couches traversées au puits artésien de Blankenberghe.

Nouvelle interprétation des couches traversées au puits artésien de Blankenberghe.

NOTATIONS GÉOLOGIQUES.	DESCRIPTION DES COUCHES.	ÉPAISSEURS.
alq.	Sable meuble coquillier	2 ^m .30
alp 1.	Argile inférieure des Polders	0. 60
alr 2.	Alternances d'argile et de sable fin	1. 10
	A reporter.	4 ^m .00

	Report.	4 ^m .00
t	Tourbé pure	2. 00
alr 1.	Sable plus ou moins argileux	3. 50
q4 m.	Flandrien, facies marin, sable gris coquillier, avec lit graveleux coquillier à la base.	26. 50
P1d. b.	Sable fin coquillier vers le haut; sable à gros points de glauconie vers le bas (Paniselien)	24. 00
Yd. c.	Argile ypresienne, sableuse vers le haut, plus pure vers le bas	177. 00
L2.	Sable gris pâle, fin, peu pointillé, aquifère (Landenien)	11. 00
	Total.	148 ^m .00

Soit, plus en résumé :

	Terrain moderne.	9 ^m .40
	Quaternaire flandrien	26. 50
Eocène inférieur	{ Paniselien (P1db)	24. 00
	{ Ypresien (Ydc)	177. 00
	{ Landenien (L2)	11. 00

D'après cette interprétation, c'est le sable ypresien *Yd* qui semblerait faire ici défaut, mais, sans doute, c'est là plutôt une apparence qu'une réalité, et l'argile sableuse retirée par les instruments résulte probablement du mélange du sable ypresien avec les linéoles argileuses qu'il renferme d'habitude.

Quant au terme argileux *P1c*, je crois qu'il fait réellement défaut et que le terme sableux supérieur *P1d*, passe par le bas directement au terme sableux inférieur *P1b*.

De même le terme argileux lagunaire *P1m* fait défaut et si les échantillons avaient pu être pris d'une façon plus nette, peut-être aurait-on pu saisir, au contact du Paniselien sur l'Ypresien, le terme graveleux *P1a*, dont l'existence sous Bruges paraît bien certaine.

III. DISPARITION DES COUCHES SABLEUSES ET DÉNIVELLATIONS PAR TASSEMENT DANS LE GROUPE DE COLLINES DES FLANDRES AU NORD DU CANAL DE GAND A BRUGES.

J'ai complètement terminé le levé des feuilles de la Carte géologique : Bruges-Moerkerke; Maldegem-Eecloo; Lophem-Oedelem; Knesse-laere-Somergem, qui comprennent le groupe de collines tertiaires dont il est question et sur lequel j'avais, depuis longtemps déjà, fourni des renseignements géologiques à la suite d'une première reconnaissance de la région, faite en 1882 (1), avec mon collègue M. Van den Broeck.

(1) A. RUTOT. *Résultats de nouvelles recherches dans l'Eocène supérieur de la Belgique*. (Bull. Soc. Roy. Malac. de Belg., t. XVII, 1882.)

Les renseignements fournis alors ont, depuis, été reconnus exacts, mais incomplets.

J'ai, en 1882, reconnu que c'est le Panisélien qui constitue le soubassement des collines, puis, j'y ai signalé l'existence du Wemmélien, puis de l'Asschien.

En retournant dans cette région pour en effectuer le levé détaillé, je n'ai pas été peu surpris d'y rencontrer, sur les sommets, un terme dont la notion m'avait échappé à ma première visite : le Tongrien, et c'est précisément aux disparitions des couches sableuses et aux phénomènes de tassement qui font l'objet de cette note, que la notion de l'existence du Tongrien m'avait échappé, bien que certains échantillons retirés des sondages m'eussent alors frappé par leur aspect.

En réalité, l'échelle stratigraphique complète des couches tertiaires constituant les collines d'Oedelem, Ursel, Knesselaere et Somergem est la suivante, en commençant par le haut :

- Tg1c.** Argile sableuse tongrienne, typique.
- Tg1b.** Sable base du Tongrien, typique.
- Asd.** Sable d'émersion asschien, ou sable d'Assche.
- Asc.** Vers le haut, argile glauconifère, puis argile grise foncée, plastique, sans glauconie, puis au bas argile très glauconifère.
- Asb.** Alternances de sable et d'argile, tous deux très glauconifères; parfois présence de la zone glauconieuse dite « bande noire ».
- We.** Sable fin wemmélien, glauconifère et parfois fossilifère. — Gravier fin à la base.
- P2.** { Sable à Turritelles.
Sable argileux à *Cardita planicosta*.
Sable à *Cardium porulosum*.
- P1d.** Sable meuble, glauconifère avec grès en plaquettes et bois silicifié.

Tous ces termes existent ou ont existé dans les collines et cependant, assez souvent, deux termes sableux directement superposés font défaut en tout ou en partie ; ce sont *Tg1b* et *Asd*, situés vers le sommet des collines.

Parfois aussi le sable wemmélien *We* semble avoir subi une réduction d'épaisseur, ou bien la limite entre *Asb* et *We* devient diffuse.

J'ajouterai que, dans mes premiers levés des feuilles Iseghem-Wacken et Wynghe-Thielt, j'ai été victime de faits semblables pour le groupe des collines du Sud (Thielt, Pitthem, Ardoye, Coolscamp, Lichtervelde), où des suppressions, qui me paraissaient alors inexplic-

cables et que j'étais disposé à attribuer à des persistances locales dans la sédimentation argileuse, se présentaient parfois pour d'autres termes sableux tels que *P1b* et *Yd*.

C'est un levé très détaillé, pratiqué au moyen d'un millier de sondages, qui m'a permis de comprendre la nature du phénomène, dont l'existence avait rendu si pénible et si laborieuse la première période de mes levés.

Lorsque les faits sont rendus graphiquement apparents sur une carte, on se rend alors compte facilement de leur cause et elle se résume simplement au foirement, à l'écoulement latéral plus ou moins complet des couches sableuses : *Tg1b* et *Asd* directement superposées, comprises entre deux couches d'argile imperméable et par conséquent aquifères et boulanges, couches sableuses dont l'épaisseur totale peut atteindre 5 à 6 mètres. (*Tg1b*, 1 à 2 m., *Asd*, 3 à 4 m.)

La disparition des couches sableuses peut s'observer à tous les degrés et dans toutes ses phases suivant que les circonstances locales permettent aux couches sableuses d'être plus ou moins aquifères et, à côté de plateaux élevés, à pentes assez raides, où l'argile *Tg1c*, assez étendue, a protégé les sables sous-jacents, et où tout est resté normalement en place, on peut voir des sommets plus pointus, offrant un plus large affleurement aux couches sableuses et permettant ainsi l'accès dans celles-ci d'un plus grand afflux d'eau pluviale, où l'argile *Tg1c* montre son niveau plus ou moins surbaissé par suite de l'écoulement latéral, parfois de *Tg1b*, plus souvent de *Asd*, parfois de toute la masse sableuse, si bien que *Tg1c* vient s'appliquer contre *Asc*, la sonde ne rencontrant souvent au contact qu'une petite linéole de sable plus ou moins grossier.

Quelquefois aussi, par suite des circonstances locales, le foirement du sable ne se fait que d'un seul côté et l'on constate alors sur un flanc les superpositions à peu près normales, tandis que sur l'autre flanc *Tg1c* et *Asc* se touchent; dans ce cas, la couche d'argile *Tg1c* prend des inclinaisons anormales telles que toute la masse (plusieurs hectares) se met en mouvement d'une pièce, glisse dans le sens de la pente et va s'arrêter dans un bas fond, au niveau de *Asc* et même de *We*.

La feuille de Knesselaere-Somergem montre un très bel exemple d'un glissement semblable.

Il est bien entendu que je ne crois pas que ces glissements s'opèrent encore d'une manière appréciable de nos jours.

Ces mouvements ont eu principalement lieu et ont sans doute pris fin pendant l'époque quaternaire, à l'époque du creusement des vallées.

Tout le plateau, qui formait primitivement une vaste plaine, a dû être vivement affouillé par des cours d'eau à cours très rapide, venant du Sud, et capables de transporter des quantités énormes de gros silex plus ou moins roulés qui couvrent encore de nos jours les points élevés des collines, principalement entre Knesselaere et Somergem; cailloux dont notre excursion annuelle dans le Boulonnais nous a si nettement montré l'origine dans les énormes accumulations de silex longeant la crête de l'Artois et que nous avons si bien observés au Sud de Saint-Omer.

Du reste, la traînée caillouteuse venant de la crête de l'Artois est parfaitement indiquée sur tous les sommets des collines de la Flandre situées au Sud de celles dont il est ici question, ainsi que je l'ai constaté sur les collines de Staden, West-Roosebeek, etc., où les amas de silex, non encore épuisés, servent depuis des siècles à l'empierrement des chemins d'une vaste région.

C'est donc au moment où le relief actuel du sol s'est façonné sous l'influence des courants rapides venant du Sud-Ouest, que les mouvements de foirement des sables compris entre les couches d'argile imperméable se seront produits et que les disparitions et les glissements de couches signalés dans cette note se seraient opérés.

En tout dernier lieu, l'envahissement de la région par les eaux de la mer flamandienne a aussi pu contribuer à l'aggravation des déplacements déjà commencés par les eaux pluviales.

IV. — LE QUATERNAIRE DE LA RÉGION DES COLLINES DU NORD DE LA FLANDRE.

Puisque nous venons de donner ci-dessus des détails sur les couches tertiaires des collines du Nord de la Flandre, nous croyons devoir ajouter quelques mots sur les couches quaternaires qui se sont déposées sur ces mêmes collines et autour d'elles.

Ces couches ne sont pas très complexes, mais elles sont intéressantes et permettent de jeter un coup d'œil sur la géographie physique ancienne de la région.

Toutefois, avant d'entrer en matière, je crois utile de dire que mes vues actuelles sur le Quaternaire ne concordent pas entièrement avec celles exprimées dans la légende de la Carte géologique au 1/40 000.

Du reste, je me hâte d'ajouter que, de l'avis de tous, cette légende est provisoire et ne représente, pour aucun de ceux qui l'ont élaborée, l'expression définitive de la vérité. C'est une légende composite admettant l'expression, sur la carte, d'opinions diverses et parfois contradictoires.

Depuis les beaux travaux de M. Ladrière, je suis disposé à admettre quatre périodes dans le Quaternaire belge qui sont, en commençant par le bas :

A. Une période de fortes eaux rapides, qui a opéré les grandes érosions et creusé les dépressions profondes ; pendant laquelle — d'accord avec M. Ladrière — il ne s'est déposé que des cailloux, des sables et des glaises. *Il ne s'est, à ma connaissance, déposé aucun limon pendant cette période.*

C'est exactement le *Quaternaire ancien* de M. Ladrière et c'est à cette période que doit s'attacher, pour notre pays, le nom de *Campinien* ; celui de *Moséen* lui conviendrait aussi très bien.

Enfin, c'est encore à la même période que correspond le terme archéologique *Mesvinien* créé par M. E. Delvaux et adopté dans le langage courant par les anthropologistes belges.

Nous savons maintenant, d'une manière précise, que lorsqu'on trouve *in situ* des ossements de grands mammifères (*Mammouth*, *Rhinoceros tichorinus*, etc.) dans notre pays, — en dehors des cavernes bien entendu — c'est toujours dans les dépôts de cet âge que le géologue constate leur présence.

Les nombreux ossements fossiles trouvés autour de Mons, ceux trouvés à Saventhem, à Lierre, aux environs de Tirlemont, la défense du Mammouth de Smeermaas, etc., proviennent tous des graviers et des sables quaternaires appartenant à cette période, et j'ai tout lieu de croire que ceux que l'on considère comme trouvés à la base des *limons*, sont simplement remaniés aux sables et graviers inférieurs mesviniens.

C'est, dans tous les cas, ce qui se vérifie pour les environs de Mons, où les ossements trouvés à la base de l'ergeron sont situés dans le fond de ravinements d'ergeron descendant plus bas que le niveau du Mesvinien, partout très ossifère dans la région.

B. Une période de grandes eaux moins rapides, avec crues, ayant pu d'abord transporter des cailloux et des sables, mais ayant surtout déposé le vaste manteau des limons stratifiés, d'origine fluviale, de couleur normale grise, renfermant principalement la faune des *Helix hispida*, *Succinea oblonga* et *Pupa muscorum*.

C'est exactement le *Quaternaire moyen* de M. Ladrière.

Je n'ai connaissance d'aucune découverte authentique d'ossements faite en Belgique dans les couches de ce niveau.

C. Une période soit sèche avec vent d'Est, soit neigeuse avec vent semblable, — cela dépend du mode de formation que l'on adopte — ayant déposé, *dans la Belgique centrale seulement*, le limon homogène

non stratifié, non fossilifère, pous:ièreux, non compris dans la nomenclature de M. Ladrière, auquel M. Van den Broeck et moi avons réservé le nom de *limon hesbayen*.

C'est peut-être pendant cette même période, *ou bien après*, pendant une période intermédiaire (qu'il y aura éventuellement lieu de dénommer) que s'est déposé, dans le Bassin de Paris et dans la partie Sud de la Belgique, principalement dans le Hainaut, un limon tout spécial : l'*ergeron* qui constitue le *Quaternaire supérieur* de M. Ladrière.

Cet ergeron est un limon très sableux, calcareux, très stratifié, d'allure ravinante, dont la base est très généralement bien marquée par un cailloutis plus ou moins important. Il renferme aussi en certains points de nombreux *Helix* et *Succinées*, comme le limon moyen.

Le caractère fluvial de l'*ergeron* est évident et, comme origine, il ne peut être confondu avec notre limon homogène, non stratifié, poussiéreux, du Brabant et de la Hesbaye.

Le limon non stratifié et l'*ergeron* sont-ils contemporains et doivent-ils être placés dans la même période ? La science est, actuellement, complètement muette à cet égard et il faudra étudier très attentivement la zone de transition qui se trouve entre le Hainaut et le Brabant, pour observer ce qui s'y passe. Pour le moment, on ne sait rien de positif à cet égard.

Je ferai toutefois ici une simple réflexion :

Si le limon homogène, non stratifié, du Brabant et de la Hesbaye est réellement d'origine éolienne ; — et c'est encore à cette idée que je m'en tiens de préférence pour le moment, — une période sèche de vent d'Est, ayant suivi la grande période humide qui a donné naissance à l'immense nappe des limons fluviaux, est nécessaire.

D'autre part, nous venons de voir que le limon tout spécial qui a reçu le nom d'*ergeron* est d'origine fluviale évidente et qu'il constitue en Belgique la bordure Nord du Bassin de Paris. Son extension très considérable est donc l'indice d'une période humide et de grandes crues.

Il suit de là qu'il y aurait contradiction entre les deux modes de formation et il faudrait, pour que les deux dépôts fussent contemporains, qu'il y ait eu en même temps une période de grande sécheresse sur la Hesbaye et le Brabant et une période de grande humidité sur le Bassin de Paris, y compris le Hainaut et la Flandre française.

Il est difficile d'admettre un pareil contraste pour deux régions contiguës et si semblables, de sorte qu'il se pourrait que la période du limon non stratifié eût suivi immédiatement le dépôt du limon fluvial et que la période de l'*ergeron* soit venue ensuite.

Dans ce cas, il serait peut-être préférable de placer le limon non stratifié comme terme supérieur de la deuxième grande période *B* et de diviser celle-ci en deux sous-périodes d'importance probablement inégale.

L'inférieure, la principale, serait la sous-période humide des limons fluviaux ; la supérieure, moins longue, serait la sous-période sèche du limon non stratifié.

Dans ce cas, toute la troisième période *C* serait réservée à l'Ergeron et elle correspondrait alors exactement au Quaternaire supérieur de M. Ladrière.

Notons encore ici qu'au point de vue paléontologique, il y a tout lieu de croire que les seuls fossiles appartenant en propre à l'Ergeron sont les *Helix*, *Succinées* et *Pupa* et que les ossements trouvés à la base du dépôt proviennent de remaniements des couches caillouteuses du Quaternaire inférieur *A*.

D. Pour M. Ladrière, le Quaternaire du Bassin de Paris se termine avec l'Ergeron et sa terre à briques superficielle ; mais dans notre pays, il existe encore une immense formation inconnue à M. Ladrière qui est, à l'heure présente, l'une des mieux connues de notre Quaternaire et la moins discutée parmi ceux qui l'étudient. C'est le *Flandrien*, qui s'est déposé pendant une période que l'on peut appeler *période flandrienne*.

Ce Flandrien avait été confondu par Dumont avec les sables et cailloux de la Campine (qui sont du Quaternaire inférieur) sous le nom général de *Campinien*.

M. Van den Broeck et moi avons proposé de diviser la masse hétérogène du Campinien de Dumont en deux parties parfaitement distinctes ; car l'une est à la base du Quaternaire et l'autre, tout au sommet.

Nous avons conservé le nom de Campinien à la masse plus spécialement représentée dans la Campine limbourgeoise, en relation directe avec les dépôts de la Meuse, et nous avons donné le nom de Flandrien à la masse, surtout répandue dans les Flandres, masse située *au-dessus* des limons et nettement séparée de ceux-ci par un ravinement et par un lit de cailloux de base.

Sous la plaine maritime proprement dite et sur une large zone parallèle à l'Escaut, le Flandrien est d'origine marine et épais de 10 à 30 mètres. Au sommet, il est formé de sable, jaune dans les affleurements, gris foncé en profondeur, meuble. En descendant, des bandes plus ou moins argileuses viennent s'intercaler dans la masse sableuse, qui devient coquillière, et vers le bas existe parfois une argile très coquillière surmontant le gravier de base, également très coquillier.

Les coquilles sont celles de la côte actuelle, plus des formes spéciales, telles que *Cyrena (Corbicula) fluminalis*. En certains points (Eecloo, Blankenberghe, Gand, Termonde, etc.) la base du Flandrien renferme également des quantités de fossiles remaniés aux assises éocènes : Wemmeliën, Ledien, Laekenien, Paniselien, Ypresien.

Plus loin, vers l'intérieur des terres, le Flandrien se réduit à sa masse sableuse jaune, meuble, plus ou moins stratifiée, épaisse de 1 à 6 mètres, avec lit de cailloux roulés à la base.

Parfois, lorsque le sable flandrien entoure des collines primitivement recouvertes de limon fluvial gris à Helix et Succinées, de notre deuxième période quaternaire, les eaux qui ont déposé le Flandrien ont délavé une partie du limon et celui-ci, mis en suspension, s'est redéposé avec le sable et l'on trouve ainsi, dans la masse du Flandrien, une ou plusieurs zones limoneuses, grisâtres, toujours sableuses, formant comme des auréoles autour des collines à recouvrement de limon. Ce phénomène se passe fréquemment dans la Flandre occidentale.

Cet ensemble de faits est connu depuis deux ans à peine, M. Mourlon et moi les observons dans les Flandres et M. Van den Broeck, dans la région du Démer, vient d'y retrouver le prolongement du Flandrien, sous forme de dépôts, très stratifiés, de cours d'eau.

Il y a donc en ce moment en élaboration tout un énorme réseau d'observations nouvelles, qui, lorsqu'elles seront terminées, permettront de rédiger un travail d'ensemble d'un grand intérêt.

Il y a toutefois encore des relations à éclaircir, que nous ignorons.

Ce qui est certain, c'est que dans les Flandres la nappe flandrienne recouvre la grande nappe de limon fluvial gris stratifié à Helix et à Succinées, mais nous ne savons encore rien des relations du Flandrien avec le limon homogène non stratifié, ni avec l'ergeron.

Le Flandrien qui, au moins dans les Flandres, paraît en grande partie d'origine marine, s'est-il déposé après le dépôt de tous les limons, pendant une époque distincte de ceux-ci, ou bien s'est-il déposé pendant la formation du limon homogène ou pendant celle de l'ergeron? C'est à quoi nous ne saurions répondre; mais le fait positif acquis, c'est qu'il s'est déposé après le limon gris stratifié et après le dépôt d'une couche de tourbe plus ou moins localisée constituant le sommet du limon gris.

Seuls les levés restant à effectuer permettront de répondre aux importantes questions posées ci-dessus.

Ces vues générales émises, voyons ce qui se passe dans la région des collines du Nord de la Flandre.

Nous y découvrons facilement des traces de trois périodes :

1^o Nous rencontrons sur les sommets les plus élevés (altitude 20 à 29 mètres), un recouvrement assez continu, constitué par un cailloutis de silex plus ou moins puissant, assez inégalement distribué. Ce cailloutis est surmonté de sable grossier, blanc et c'est assez souvent ce sable qui constitue la surface du sol. Toutefois, en d'autres points, c'est une argile plastique qui constitue le sol et, dans les coupes des fossés et des chemins, on croirait absolument être en présence d'un bon affleurement d'argile tongrienne *Tg1c*, ou d'argile asschienne *Asc*.

Mais lorsqu'on utilise la sonde, les idées changent vite à ce sujet, car, au bas d'une de ces coupes d'argile, à peine la sonde s'est-elle enfoncée d'une trentaine de centimètres, que le gros sable blanc apparaît, suivi des cailloux roulés de base; puis, suivant l'altitude, on entre définitivement, soit dans le Tongrien, soit dans l'Asschien.

Ces argiles ou glaises superficielles sont si pures, si plastiques, si compactes, elles possèdent souvent à un si haut degré le caractère des couches tertiaires qu'elles surmontent, qu'il est impossible d'admettre autre chose que des déplacements d'une pièce de couches argileuses qui, des extrêmes sommets, ont glissé sur les sables grossiers quaternaires et les ont recouverts.

Ce Quaternaire des sommets est donc constitué, de haut en bas, par les termes :

Glaise,
Sable,
Gravier.

C'est la constitution normale du *Quaternaire ancien* de M. Ladrière, et c'est bien à cette division que je rapporte le dépôt des collines du Nord de la Flandre dont il vient d'être question.

A propos du gravier de base de ce Quaternaire ancien, j'ai à rappeler une observation faite en 1882 par M. Van den Broeck et par moi et rapportée dans ma note *Résultat de nouvelles recherches dans l'Éocène supérieur de la Belgique*. (Bull. Soc. Roy. Malac. de Belg., t. XVII. 1882.)

Dans cette note, j'avais signalé le fait de la présence, au sommet de la colline au Sud d'Adegem, d'un diluvium spécial, graveleux, renfermant une grande quantité de débris d'ossements de cétacés et de grandes dents de squalés.

Or, lors de mes derniers levés, j'ai pu étudier en détail le dépôt déjà observé et de plus, j'en ai retrouvé, à peu de distance, sur l'extrême sommet (altitude 27 à 28 mètres), un lambeau beaucoup plus important

et parfaitement observable, grâce à un réseau de fossés de 0^m.60 à 0^m.80 de profondeur fraîchement creusé et fournissant d'excellentes coupes.

Sur ce sommet, *le plus septentrional des collines* de la Flandre, j'ai pu voir clairement que le gravier à nombreux ossements constituait bien le gravier de base du Quaternaire ancien et que ce gravier était surmonté de gros sable blanc déjà signalé. Ce gravier repose directement sur l'argile tongrienne *Tg1c*.

Plus au Sud, le même Quaternaire continue à s'étendre sur les sommets, mais il ne renferme plus que de nombreux silex, sans aucun ossement.

Il y a donc lieu de supposer qu'autrefois le biseau du Scaldisien s'est étendu jusqu'au Sud d'Adegem et que c'est le remaniement sur place de cet étage pliocène qui a fourni les éléments organiques, dents et ossements, à la base du Quaternaire ancien.

En dehors des deux lambeaux, très rapprochés, et de très petite étendue, qui viennent d'être signalés, je n'ai plus retrouvé de traces de ce gravier fossilifère.

2° Très souvent, sur les mêmes collines, la surface même du sol est plus ou moins couverte de cailloux roulés de silex. Toutefois, lorsque l'on sonde, on entre immédiatement soit dans la glaise, soit dans le gros sable blanc du quaternaire ancien, terminé lui-même à sa base par le cailloutis dont il a déjà été question.

La présence de ces cailloux au-dessus du Quaternaire ancien indique donc la trace de l'existence de la base caillouteuse d'un terme quaternaire supérieur au Quaternaire ancien et qui a presque complètement disparu par dénudation atmosphérique.

C'est ce que deux observations sont venues confirmer.

En effet vers l'extrémité Ouest de la colline au Nord d'Ursel et vers l'extrémité Ouest de la colline d'Oedelem, j'ai, en sondant, pu observer l'existence, au sol, d'un limon gris sableux peu épais (moins de 1 mètre), avec lit bien net de cailloux à la base, reposant sur 2 mètres de gros sable blanc, graveleux à la base.

Je considère ce dépôt supérieur au Quaternaire ancien comme représentant ce qui reste de la deuxième grande division quaternaire, celle caractérisée par le dépôt du limon gris stratifié.

Toutefois, le peu qu'il en reste est si mal caractérisé que l'on pourrait élever des doutes, si, précisément sur les flancs Ouest des collines, ces dépôts limoneux ne venaient se prolonger aux basses altitudes et passer ainsi sous le Flandrien, en prenant à la fois des caractères bien reconnaissables et une épaisseur très appréciable.

La grande nappe de limon gris des Flandres que j'avais déjà plu-

sieurs fois signalée, principalement dans les textes explicatifs des feuilles de Wacken, Iseghem et Thourout, s'allonge donc au Sud de Bruges, partout cachée sous le Flandrien, et vient lécher la bordure Sud-Ouest des collines du Nord. C'est sur ce pourtour que la couche de tourbe dont il a été question ci-dessus s'est déposée, et c'est ce dépôt, raviné par le Flandrien, qui charge assez souvent la base de cette assise de débris tourbeux.

Quant au Flandrien, il entoure complètement le massif des collines, mais il ne semble pas qu'il les ait jamais entièrement recouvertes. D'après mes levés, le biseau du Flandrien ne paraît pas s'élever au-dessus de la cote 18 et les sommets auraient ainsi émergé à l'état d'îles.

Sur tout le pourtour Nord et Est, c'est le Flandrien marin, rapidement très épais (22 mètres sous Eecloo) qui domine et va toujours en s'épaississant vers le Nord.

Au contraire sur le pourtour Ouest et Sud, c'est le facies ordinaire, sable blanc jaunâtre, meuble, avec gravier à la base, d'épaisseur relativement faible (2 à 3 mètres) qui, seul, existe et va toujours en décroissant — bien qu'irrégulièrement — vers le Sud.

Sur les collines du Nord, ni sur les collines du centre de la Flandre occidentale, je n'ai trouvé aucune trace ni de limon hesbayen homogène, ni d'ergeron, de sorte que, pour ce qui me concerne, je n'ai encore pu observer de relations précises entre le Flandrien et ces limons.

J'espère toutefois qu'en abordant les levés de la région frontière, je pourrai saisir une relation entre le Flandrien et l'Ergeron de M. Ladrière.

V. — LE Puits ARTÉSIEN DE LICHTERVELDE

Des puits artésiens profonds se forent assez souvent dans la Flandre Occidentale, mais, généralement, j'en suis informé par hasard, lorsque le puits est terminé et les matériaux dispersés.

Je viens heureusement d'être mis en possession d'échantillons et de données, incomplètes toutefois, au sujet d'un puits profond, creusé par MM. Behiels de Wetteren, à Lichtervelde, au Sud de Thourout, au centre du village, près de l'église, l'orifice se trouvant approximativement à la cote 22.

Voici la description des échantillons, tels qu'ils m'ont été remis, avec la remarque très importante que leur valeur se trouve encore considérablement réduite à cause du procédé de forage à pression d'eau, qui dénature les échantillons.

0 à 5 m. Pas d'échantillon. Le sondeur me dit que la roche est du sable.

Ayant effectué le levé de la feuille de Thourout, sur laquelle se trouve Litchtervelde, je constate que le sol est constitué par le sable flandrien, reposant sur l'argile ypresienne *Yc*. Toutefois, on est très près de la limite inférieure du sable *Yd*.

La chose n'ayant pas grande importance, je rapporte donc les 5 premiers mètres du forage au sable flandrien.

5 à 136 m. Pas d'échantillon. Le sondeur me dit que toute cette épaisseur doit être attribuée à l'argile ypresienne *Yc*; ce qui paraît vraisemblable, attendu que mes sondages m'ont montré que c'est l'argile ypresienne qui apparaît directement sous le Flandrien.

136 à 138^m.80. *Échantillon*. Sable gris, fin, glauconifère, sans caractère bien tranché. Ressemble à du sable ypresien *Yd*, mais se trouve sous l'argile et constituerait, s'il est ypresien, le sable d'immersion *Yb*, encore bien peu connu jusqu'ici.

Telle est la première hypothèse que l'on puisse faire; il en est une seconde: Ce même sable pourrait être considéré comme la partie supérieure du Landenien.

138.80 à 143m. *Échantillon*. Sable grossier, graveleux, glauconifère, gris verdâtre, avec nombreux cailloux bien roulés (galets) de silex blond, brun ou brun rougeâtre, cailloux de quartz, fragments de grès pyriteux et une dent de squalé.

Si l'on considère le sable précédent comme ypresien, ce lit caillouteux devient tout naturellement le gravier base de l'Ypresien. (*Ya*).

Mais si l'on se reporte à ce que l'on sait des puits artésiens d'Ostende et de Roulers, nous y avons reconnu: à Ostende, à 173 mètres immédiatement sous l'argile ypresienne, un sable gris assez fin avec cailloux de silex roulés et fossiles caractéristiques: *Cyrena cuneiformis*, *Ostrea sparnacensis*? etc., passant vers le bas à du sable fin peu fossilifère et à des argiles d'aspect lagunaire.

A Roulers, également directement sous l'argile ypresienne, à 121 mètres, un *sable coquillier* (mais dont il n'existe pas d'échantillon), non signalé comme caillouteux, mais paraissant bien être l'équivalent de celui d'Ostende.

A Litchtervelde, à peu près à 8 kilomètres au Nord de Roulers, nous trouvons un sable qui n'est pas renseigné comme coquillier, mais qui pourrait aussi très bien l'être, vu le peu de soins mis à recueillir les échantillons et le petit volume de ceux-ci, puis une zone de sable plus grossier avec nombreux cailloux roulés, reposant *probablement* sur du sable semblable à celui qui surmonte la zone graveleuse.

On le voit, les ressemblances sont plutôt en faveur de ce qui se passe à Ostende et à Roulers, qu'en faveur de l'hypothèse sable *Yb* et

gravier *Ya*; aussi est-ce à la détermination comme Landenien supérieur que je m'en tiendrai pour l'interprétation des couches comprises entre 136 et 143 mètres.

143 à 152^m.50. Pas d'échantillon. Pas de renseignements.

152^m.50 à 166^m.50. *Échantillon*. Sable gris, fin, glauconifère, très semblable, sinon identique, au sable situé au-dessus de la zone graveleuse; ce qui me fait supposer que ce même sable était présent entre 143 et 152^m.50.

166^m.50 à 170. *Échantillon*. Sable en tout semblable au précédent, mais de teinte grise un peu plus foncée.

170 à 176^m. Pas d'échantillon. Pas de renseignements.

A 176 m. *Échantillon*. Concrétions marneuses, très pyriteuses, *empâtées dans une argile grise plastique, avec de gros grains de quartz et des fragments de silex.*

Je suppose que cet échantillon supplée à l'absence d'échantillon entre 170 et 176 mètres et que, comme à Ostende et à Roulers il existe, sous le sable fin, une argile grise, pure, terminée ici par un gravier de peu d'importance qui constituerait la base du Landenien.

Quant aux fragments de marne très pyriteuse, je suis assez tenté de croire qu'ils sont à la base du Landenien, non pas en place, mais remaniés à l'assise sous-jacente.

176 à 180^m.10. *Échantillon*. Argilite ou argile grise, fine, très dure, que je crois être le sommet du Turonien et qui renferme probablement les concrétions pyriteuses signalées au niveau du gravier base du Landenien.

180^m.10 à 186^m.50. *Échantillon*. Marne blanche, grossière, avec gros points de glauconie.

186^m.50 à 198. Pas d'échantillon. Pas de renseignements.

198 à 206^m.15. *Échantillon*. Marne blanche pure, fine, crayeuse. Il y a tout lieu de supposer que c'est la même marne qui s'est présentée entre 186^m.50 et 198 mètres. C'est probablement la marne à *Terebratulina gracilis*.

A partir de 198 mètres il n'existe plus d'indications d'épaisseur des couches, je ne possède plus que des échantillons isolés.

A 208^m.80. *Échantillon*. Marne grise, grossière, très glauconifère. Turonien.

A 209^m.65. *Échantillon*. Marne glauconifère grossière avec nombreux fragments de calcaire que l'on reconnaît être des fragments d'huîtres broyées. Turonien.

A 209^m.95. *Échantillon*. Marne grise très grossière avec fragments calcaires plus rares et gros points de glauconie. Turonien.

210 à 222m. *Échantillon*. Terrain primaire. Grès gris foncé, à grain très fin, probablement schistoïde.

Telle est la coupe, malheureusement mutilée, du puits artésien de Lichtervelde.

Je crois pouvoir la résumer comme suit :

		ÉPAISSEURS.
Terrain quaternaire.	{ Sable flandrien	5 ^m .00
Étage ypresien.	Argile	131 ^m .00
Étage landenien.	{ Sable fin	0. ^m 80
	{ Sable caillouteux	4. 20
	{ Sable fin	27. 00
	{ Argile et cailloux bruns	6. 00
Étage turonien.	{ Argilite grise	4 ^m .10
	{ Marne grossière, glauconifère	6. 40
	{ Marne blanche pure	19. 65
	{ Marne grossière, glauconifère	5. 85
Terrain primaire	Grès gris foncé, schistoïde	12 ^m .00
Total . .		222 ^m .00

Voici un tableau résumant les coupes des trois puits d'Ostende, Lichtervelde et Roulers :

TERRAINS TRAVERSÉS.	Ostende Orif. 5.	Lichtervelde Orif. 22.	Roulers Orif. 21.
Terrain moderne et quaternaire	33 ^m .50	5 ^m .00	12 ^m .00 ?
Argile ypresienne.	136. 50	131. 00	109. 00 ?
Étage	{ Sable.	20. 50	32. 00
landenien.	{ Argile.	17. 50	6. 00
Terrain crétacé.	{ Sénonien.	66. 40	—
	{ Turonien. et Cenom.	26. 00	36. 00
		7. 85	12. 00
Terrain primaire			9. 94

Étant connue l'allure générale des terrains, c'est-à-dire la pente vers le N. N. O., les divers chiffres des colonnes sont d'une concordance satisfaisante pour l'Ypresien et le Landenien. Toutefois, on voit que la surface du Primaire s'abaisse assez brusquement entre Lichtervelde et Ostende, ce qui a permis le dépôt des 66 mètres de Senonien à Ostende.

VI. DIVERS

A. — Interprétation des dépôts modernes et quaternaires de la partie supérieure du Puits artésien d'Ostende.

Jusqu'ici, dans les travaux relatifs au puits artésien d'Ostende, on avait dû se borner à donner l'énumération lithologique des couches rencontrées sur les premiers 33^m.50.

Je suis à même maintenant de donner ci-après la détermination stratigraphique des diverses couches rencontrées.

Je profiterai de l'occasion pour résumer la coupe complète du puits ; les notations des dépôts modernes et quaternaires correspondent au tableau déjà donné ci-dessus, page 295.

Terrain moderne.	{	alq. Sable coquillier	1 ^m .60
		alp 1. Argile inférieure des Polders	0. 30
		alr 2. Alternances de sable et d'argile	3. 20
		t. Tourbe	1. 35
		alr 1. Sable argileux	2. 71
Terrain quaternaire.	{	q 4 m. Sable flandrien coquillier, avec argile et graviers à la base	24. 34
Etage yprésien.		Y c. Argile grise	136. 50
Etage landénien.	{	L. { Sable coquillier 20 ^m .50	38. 00
		{ Argile noire, lignit, fossilif. 7. 00	
		{ Argile grise avec cailloux à la base 10. 50	
Terrain crétacé	{	Etage { Craie blanche à silex noirs 64. 00	66. 40
		senonien. { Marne sableuse glauc.	
		{ avec gravier à la base. 2. 40	
Terrain crétacé	{	Etage { Argile rougeâtre ou gris-jaunâtre,	26. 00
		cenomanien? { avec sable gris à la base	
Terrain cambrien.		Phyllades violets	7. 85
Total			308. 25

B. — Résultats de deux forages effectués par l'administration des chemins de fer de l'État au bord du canal d'Ostende à Bruges, commune de Breedene, près Ostende.

L'Administration des chemins de fer de l'État a fait pratiquer deux trous de sonde de 13^m.50 de profondeur de chaque côté du Canal de Bruges à Ostende, au point où celui-ci vient toucher la voie ferrée de Bruges à Ostende, non loin de Slykens.

Le sondage n° 1, au Sud du Canal a donné :

alq.	Sable coquillier	1 ^m .00
alp 1.	Argile inférieure des Polders, ...	2. 00
alr 2.	Alternances minces de sable fin et d'argile, avec une légère trace tourbeuse à la base	4. 00
alr 1.	Alternances de sable et d'argile en lits plus épais	6. 75

Ici la tourbe, souvent si développée entre *alr 2* et *alr 1*, fait défaut; sa place est toutefois indiquée par une trace tourbeuse à la profondeur de 7 mètres.

Le sondage n° 2, au Nord du Canal, a donné :

alp 2.	Argile supérieure des Polders	1 ^m .00
alq.	Sable coquillier	1. 00
alp 1.	Argile inférieure des Polders.	2. 00
alr 2 — alr 1.	Alternances minces de sable fin et d'argile vers le haut, plus épaisses de sable meuble et d'argile vers le bas	9. 75

Dans le sondage n° 2 nous n'avons pu saisir la moindre trace tourbeuse dans les échantillons qui nous ont été envoyés; il est vrai que comme ils étaient pris de 0,50 en 0,50 centimètres, la trace tourbeuse a très bien pu échapper.

C. — Détermination des couches traversées lors du forage du puits de la prison de Furnes.

Il y a une vingtaine d'années, un forage a été effectué à la prison de Furnes; il a donné les résultats suivants :

Orifice : cote 6 environ.

	Terrain remanié	3 ^m .70
alr 2.	Argile sableuse	1. 60
t.	Tourbe.	0. 50
alr 1.	Argile sableuse et sable gris boulang	2. 70
t.	Tourbe.	0. 80
q4m.	Flandrien : sable meuble avec nombreuses coquilles et sable graveleux à la base	18. 20
Yc.	{ Argile compacte	5 ^m .70
	{ Sable aquifère	0. 50
	{ Argile compacte	11. 30
Profondeur totale		45 ^m .00

Le puits a d'abord rencontré à 3^m.50 le niveau d'eau de la nappe superficielle. Entre 12 et 15^m.41 il a traversé une deuxième nappe remontant jusque 3 mètres sous le sol.

Entre 33^m.20 et 33^m.70, troisième nappe aquifère remontant jusque 2 mètres sous le sol.

Le deuxième niveau donnait une eau satisfaisante, douce, sans odeur de tourbe, mais chargée de sable fin.

A 27^m.20, l'eau est devenue plus limpide, mais la saveur saline s'est considérablement accrue.

Un fait intéressant au point de vue géologique est la présence de deux niveaux de tourbe; l'un à sa place normale, entre *alr 2* et *alr 1*, de 5^m.30 de profondeur à 5^m.80 (épaisseur 0^m.50) et l'autre, de 8^m.50 à 9^m.30 (épaisseur 0^m.80), entre *alr 1* et *q4 m*.

Il est probable que le lit tourbeux inférieur devra être rangé dans le Quaternaire, au sommet du Flandrien.

D. — Détermination des couches rencontrées au puits foré de Coolkerke.

A la séance du 3 mai 1884 de la Société Royale Malacologique de Belgique, M. le baron O. van Ertborn a publié une note relative à un forage effectué à Coolkerke, à 4 kilomètres N. E. de Bruges. Dans cette note l'auteur décrit les échantillons recueillis. D'après mes levés géologiques exécutés dans la région je puis interpréter de la manière suivante, les couches rencontrées :

alq.	Sable jaunâtre demi fin avec fragments de calcaire.	2 ^m .00
alr 2.	{ Sable gris pâle	4 ^m .75
	{ Argile tourbeuse	0. 40
q4 m.	{ Sable très coquillier	7 ^m .10
	{ Argile gris verdâtre coquillier.	0. 80
	{ Argile peu coquillière	0. 35
	{ Sable gris foncé assez fin	2. 35
	{ Sable plus grossier avec débris coquilliers roulés, fragments de grès paniseliens et éclats anguleux de silex	6. 80
Profondeur totale .		24 ^m .55

Il semble qu'ici l'argile des Polders inférieure *alp 1* ne se soit pas déposée; ce qui, du reste, arrive parfois. Quant à la tourbe, son niveau normal est indiqué par un lit d'argile tourbeuse situé à la base de *alr 2*.

E. — Coupe d'un puits foré au Kalenhoek, hameau de Syssele à l'Est de Bruges.

Trois puits ont été forés il y a quelques années au Kalenhoek, hameau dépendant de Syssele.

Aucun échantillon n'a été conservé.

M. Lamote, chez qui l'un des puits a été creusé, nous a fourni au sujet des couches traversées, quelques renseignements d'où je crois pouvoir déduire, d'après mes sondages de levé effectués dans les environs, la coupe suivante :

	q4. Sable flandrien	2 ^m . 00
Etage asschien. {	Asc. Argile plastique	16. 00
	Asb. Terre bleue sableuse avec concrétion ferrugineuse et pyriteuse à la base	5. 60
Etage wemmélien.	We. Sable bleu fossilifère	4. 00
Etage panisélien.	Pld. Sable vert aquifère	5. 00
Profondeur totale		32. 60

F. — Coupe d'un puits foré au château de M. le comte de Meeus à 2 kilom. S.-O. de la gare de Bloemendaale.

Lors de mes levés, j'ai pu recueillir quelques renseignements au sujet d'un puits en creusement au château de M. de Meeus, à 2 kilom. S.-O. de la gare de Bloemendaale.

Ces renseignements me permettent d'esquisser comme suit la coupe du puits au point où il en était arrivé :

Sable flandrien	2 mètres
Étage panisélien	33 —
Sable ypresien	15 —
Argile ypresienne	115 —

Il est probable que le Landenien allait bientôt être touché.

G. — Renseignements sur deux puits artésiens forés à Meulebeke, au Sud de Thielt.

MM. Behiels ont creusé en 1894 deux puits artésiens à Meulebeke.

Du premier de ces puits, on ne possède aucun renseignement géologique.

Il a 142 mètres de profondeur, il fournit 40 hectolitres d'eau par heure au moyen d'une pompe aspirante. Le niveau hydrostatique de l'eau s'établit à 1^m.50 sous le sol.

Le tube s'est arrêté à 142 mètres dans une couche de pierre spongieuse renfermant des vides dans lesquels la sonde tombait en une fois de 0^m.20 à 0^m.25.

Un deuxième puits a alors été foré à Meulebeke ; voici ce que je sais de la nature des couches traversées :

D'après mes levés géologiques, à Meulebeke, le sable flandrien constitue le sol et ce sable repose directement sur l'argile ypresienne.

D'après MM. Behiels, l'argile ypresienne s'est continuée jusque 115 mètres.

A 115 mètres a commencé un sable argileux vert avec bancs durcis de 0^m.30 à 1 mètre d'épaisseur, pas très durs, mais à 140 mètres la pierre devient très dure.

Un mauvais échantillon, pris entre 130 et 137 mètres, montre une argile grise avec des fragments de calcaire blanc, d'apparence subcristallin, formant quelques bancs relativement assez tendres.

De 141 mètres, un échantillon plus satisfaisant nous montre une argile schistoïde, glauconifère, durcie, gris foncé, avec beaucoup de fragments de calcaire subcristallin. Ce banc dur avait 0^m.45 d'épaisseur (de 141 à 141^m.45), puis la sonde est tombée de 20 centimètres et de l'eau est apparue. Son niveau s'est établi à 1^m.50 sous le sol, elle est très douce et a une température de 13° centigrades.

Ensuite ce puits a été continué et à 145^m.50 une pierre très dure s'est présentée, dans laquelle il n'a pu être creusé que 1 mètre en une semaine.

Le niveau de l'eau s'est alors élevé et a atteint 1 mètre au-dessus du sol, mais le débit est faible.

Le dernier échantillon provenant du battage au trépan à 145 mètres m'a été envoyé.

Je crois y reconnaître un léger ciment argileux gris, englobant des grains de glauconie, une quantité de fragments blancs laiteux et de gros grains hyalins ou verts.

Le traitement à l'acide chlorydrique m'a montré que les grains laiteux sont des fragments de calcaire, mais que les grains hyalins et verts sont du quartz. Les grains de quartz sont généralement arrondis.

Je suis frappé de la ressemblance complète qui existe entre l'échantillon d'argile schistoïde durcie de Meulebeke à 141^m.50 et l'échantillon en tout semblable pris entre 176 et 180 mètres à Lichtervelde.

La seule différence consiste en ce que l'échantillon de Lichtervelde est pur, tandis que celui de Meulebeek renferme des fragments de calcaire semblables à ceux qui existent à Lichtervelde dans la marne glauconifère entre 200 et 210 mètres.

De tout ceci, je crois pouvoir conclure à la coupe probable ci-après du puits de Meulebeke :

Orifice : cote 20 environ.

Sable flandrien	2 ^m .00
Argile ypresienne	113. 00
Landenien?	15. 00 ?
Turonien avec gravier à la base	16. 50

Profondeur totale 146. 50

J'ai tout lieu de croire que le Primaire serait rapidement atteint.

VII. — LE Puits ARTÉSIEN D'ECCLOO.

En 1893, notre confrère M. Axer a foré chez M. Goethals-Goethals, filateur à Eccloo, un puits artésien dont il a bien voulu me remettre les échantillons.

L'orifice du puits est à l'altitude de 8 mètres; il est situé près de la gare d'Eccloo, au Sud de celle-ci.

Sauf pour les premiers mètres, les échantillons ont été recueillis à peu près régulièrement de mètre en mètre, aussi les descriptions suivantes ont-elles rapport à chacun des échantillons recueillis; nous en donnerons plus loin la synthèse.

PROFONDEURS.

DESCRIPTION DES ÉCHANTILLONS.

- | | |
|--------------------|--|
| 5 ^m .00 | Sable gris, fin, argileux. |
| 6. 00 | Limon gris, finement sableux, cohérent. |
| 7. 00 | Sable gris clair ou blanchâtre, meuble. |
| 8. 00 | Sable noir très tourbeux. |
| 9. 00 | Sable gris clair, meuble. |
| 10. 00 | Même sable de couleur un peu plus foncée. |
| 11. 00 | Sable meuble, gris clair avec taches tourbeuses et grains grossiers. |
| 12. 00 | Même sable sans taches tourbeuses. |
| 13. 00 | Même sable avec taches tourbeuses. |
| 14. 00 | Sable meuble, gris, assez fin, avec linéoles d'argile. |
| 15. 00 | Même sable un peu plus foncé, plus fin avec grains tourbeux. |
| 16. 00 | Même sable gris clair, meuble, plus grossier, avec grains graveleux. |
| 17. 00 | Sable identique au précédent. |
| 18. 00 | Sable plus fin avec taches tourbeuses. |

- 19. 00 Même sable sans taches tourbeuses.
- 20. 00 Idem.
- 20. 50 Gravier de quartz et de silex avec fragments de coquilles fossiles remaniées.
- 21. 00 Limon gris argileux avec lits de sable grossier et nombreux débris de coquilles marines.
- 22. 00 Gravier de silex roulés et de quartz, avec gangue argileuse, débris de coquilles et *Nummulites* roulés.
- 23. 00 Argile grise, pure, plastique, compacte, verdâtre.
- 24. 00 Idem.
- 25. 00 Idem.
- 26. 00 Argile gris verdâtre, glauconifère, finement sableuse et micacée.
- 27. 00 Même argile avec traces de fossiles et de *Nummulites*.
- 28. 00 Sable gris verdâtre argileux, très fossilifère.
- 28. 65 Alternance d'argile grise et de lits de glauconie avec beaucoup de *Nummulites Wemmelensis*, d'Operculines et de fossiles triturés.
- 29. 00 Sable argileux glauconifère rempli de *Nummulites Wemmelensis*.
- 29. 50 Sable blanchâtre à points de glauconie, très légèrement argileux, avec beaucoup de *Nummulites Wemmelensis* et *Vermetus Nysti*.
- 29. 65 Sable vert, glauconifère, avec nombreuses *Nummulites Wemmelensis*.
- 30. 00 Même sable, fin, sans fossiles.
- 30. 50 Même sable avec fossiles.
- 31. 10 Idem.
- 31. 50 Sable vert avec fossiles, *Nummulites* et grains de gravier.
- 32. 00 Même sable graveleux fossilifère, *Nummulites* et fragments d'Ostrea.
- 33. 00 Grès blanc pointillé de glauconie, très dur, siliceux, avec beaucoup d'empreintes de fossiles.

D'après M. E. Delvaux, qui a également reçu de M. Axer une série d'échantillons du même puits, celui-ci aurait été descendu jusque 38 mètres et sous le grès blanc de 33 mètres, on aurait rencontré du sable glauconifère avec pyrite. C'est dans ce sable que la nappe aquifère aurait été rencontrée.

Passons maintenant à l'interprétation qu'il y a lieu de donner des diverses couches traversées par le puits.

Nous sommes guidés dans cette tâche non seulement par la bonne série d'échantillons recueillis, mais par les résultats de nos levés dans la colline de Somergem, située au Sud d'Eecloo.

Nos sondages nous ont montré que c'est le Flandrien qui constitue le sol et le sous-sol jusqu'à grande profondeur, aux environs d'Eecloo. Ce Flandrien est formé, vers le haut, de sable jaune meuble, caractéristique, puis viennent s'intercaler à diverses profondeurs des zones limoneuses grises.

Telle doit être la composition des cinq premiers mètres du forage, dont nous ne possédons pas d'échantillons.

Les échantillons de 5 et 6 mètres montrent précisément de ces zones limoneuses, puis viennent des sables meubles avec lit et taches tourbeuses, le tout terminé à la base par un gravier de cailloux roulés avec mélange de coquilles marines actuelles et de coquilles fossiles des divers niveaux de l'Éocène.

De la surface du sol à la profondeur de 22 mètres, nous sommes donc en présence d'un magnifique développement de Flandrien, comparable à ceux observés dans les puits artésiens du littoral.

Sous le Flandrien, apparaît immédiatement l'Éocène, sous forme d'argile grise compacte, sans glauconie, qui constitue la masse centrale de l'argile asschienne *Asc*.

Après 4 mètres de cette argile, la glauconie apparaît dans la masse, comme c'est le cas général, et bientôt les *Nummulites Wemmelensis* et les *Operculines* font leur apparition.

A 28^m.65 et à 29 mètres on est dans la base de l'Asschien, chargée de glauconie et qui a reçu le nom de « bande noire ».

Comme cela s'est vu à Wommel, près de Bruxelles, cette bande noire renferme un véritable banc de *Nummulites*.

A 29^m.50 apparaît le sable fin, glauconifère, wemmélien, que j'ai retrouvé à maintes reprises dans mes sondages, plus au Sud, au pied des collines de Knesselaere et de Somergem, avec son facies normal, fossilifère; mais pas plus sous Eecloo qu'au pied des collines, le Wemmélien n'est épais et, vers 32 mètres, le gravier base du Wemmélien apparaît.

Aussitôt en dessous du gravier, se présente, à 33 mètres, un banc de grès dur, fossilifère, qui fait bientôt place à du sable blanchâtre aquifère. Il est aisé de reconnaître le Lédien dans les sables et grès dont il est ici question.

D'après cette interprétation des matériaux qui m'ont été remis, la coupe du puits artésien d'Eecloo est donc la suivante :

TERRAINS RENCONTRÉS.		ÉPAISSEURS
Quaternaire.	Flandrien facies marin	22 ^m .05
Etage asschien.	{ Argile grise compacte	3 ^m .95
	{ Argile glauconifère.	2. 00
	{ Bande noire fossilifère	1. 50
Etage wemmélien.	Sable glauconifère, fossilifère, avec gravier à la base	3. 50
Etage ledien.	{ Banc de grès fossilifère	0. 90
	{ Sable pointillé de glauconie	4. 10
Profondeur totale		38. 00

J'ajouterai, pour finir, que M. Delvaux, dans une note manuscrite qu'il a bien voulu me transmettre, n'arrive pas au même résultat que celui exposé ci-dessus, en ce sens qu'il attribue à l'Asschien l'ensemble de ce que j'ai interprété comme Asschien et comme Wemmélien. Il donne à cet ensemble l'épaisseur de 11^m.45, c'est-à-dire qu'il fait descendre la base de l'Asschien à la profondeur de 33^m.50, profondeur à laquelle il fait commencer le Ledien.

Cette interprétation ne concorde pas avec le détail des échantillons que j'ai en ma possession ni avec mes observations dans les collines du Sud, où le Wemmélien est visible et, jusqu'à preuve du contraire, je considère la coupe donnée ci-dessus comme aussi rapprochée que possible de la vérité.

DE L'HYDROGRAPHIE SOUTERRAINE

DANS LES TERRAINS CALCAIRES

PAR LE

D^r Th. Rome

*Réponse aux communications faites à la Société belge de Géologie,
par MM. DUPONT et PUTZEYS.*

Le 29 juillet 1890, M. Dupont, directeur du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, faisait, à la Société belge de Géologie, une communication qu'il intitulait :

Sur l'hydrographie souterraine dans les terrains calcaires,
(t. IV, p. 201 du *Bulletin* de la Société).

Voici, en substance, l'opinion que développait alors M. Dupont :

1^o Dans les terrains calcaires, la circulation des eaux se fait *avant tout* par des ruisselets, par des rivières même, en un mot, par des canaux de formes, de dimensions variées et d'allures extrêmement capricieuses, gisant dans la profondeur.

Il y a, de plus, des accidents géologiques connus sous les noms d'*aiguigeois*, *chantoirs*, *entonnoirs*, etc., constitués par des canaux en communication directe avec l'extérieur (t. IV, Pr.-Verb., pp. 202-204).

2^o Dans les villages du Condroz et de l'Entre-Sambre-et-Meuse, les puits ne sont guère plus rares que dans la région limoneuse, si le terrain est schisteux ou psammitique ; mais si le terrain est calcaire, on ne creusera pas de puits.

Et, ajoute M. Dupont, cette particularité est due à ce fait que dans les schistes il y a une couche aquifère donnant de l'eau en *permanence*, tandis que dans les calcaires, il n'y a que des canaux, dans lesquels *les eaux ont un écoulement complet*, de sorte que les puits ne peuvent s'y alimenter (t. IV, Pr.-Verb., p. 202).

3^o Il y a deux espèces d'eau dans les calcaires : les eaux d'infiltration et les eaux des ruisseaux ou des rivières qui s'engouffrent dans les canaux, dans les aiguigeois ou dans les grottes.

Les premières, filtrées par l'argile d'altération qu'elles ont traversée, sont d'une admirable limpidité, *souvent* précieusement minéralisées et dépouillées de matières organiques; les secondes ont pu, avant d'entrer sous terre, être contaminées par les déjections des villages, et leur filtrage n'a pu être suffisant (t. IV, Pr.-Verb., pp. 205-206).

* * *

Donc, d'après M. Dupont, il n'y a pas de couche aquifère dans les calcaires, mais de simples canaux qui conduisent les eaux de pluie vers des orifices, appelés *sources*.

M. Dupont déduit cela par analogie avec certains phénomènes naturels, tels que les grottes et les cavernes, dans lesquelles, dit-il, s'engouffrent les eaux courantes superficielles, et des rivières, telles que la *Lesse* à Han, l'*Homme* à Rochefort, l'*Eau-Noire* à Couvin, etc. (p. 205).

Nous sommes surpris, nous devons l'avouer, de voir M. Dupont s'emparer de ces faits pour en tirer des conclusions aussi étendues et aussi généralisées : une rivière suit une vallée; sur son trajet, elle rencontre une brèche, une anfractuosité rocheuse; elle s'y engouffre; elle traverse toute l'excavation et sort de la roche à 100, 200, 1000 ou 3000 mètres plus loin, pour reprendre son cours normal dans la vallée, coupant ainsi une boucle et raccourcissant sa route.

Que peut avoir de commun ce phénomène, tout spécial, avec le système de circulation générale des eaux dans les terrains rocheux?

De ce fait qu'il existe des tunnels, faut-il conclure que c'est là le mode général de nos voies de communication?

Le phénomène que constate M. Dupont, s'observe *uniquement* dans les calcaires devoniens, roche d'une texture particulière, et d'un âge géologique absolument différent de celui des calcaires carbonifères.

Vers la fin de l'époque primaire, on le sait, de grandes perturbations géologiques se produisirent. Les roches calcareuses devoniennes, très compactes, très résistantes, mises en mouvement par des bouleversements du sol, se déplacèrent en se brisant, en se disloquant et en se fissurant. Ces roches, selon la force d'impulsion plus ou moins grande qui leur avait été imprimée, prirent différentes positions : horizontales ici, obliques, redressées ou verticales à d'autres endroits. Ces roches renferment des solutions de continuité qu'on a appelées *grottes*,

cavernes, anfractuosités etc. ; des ruisseaux ou des rivières pénètrent dans quelques-unes de ces excavations et les parcourent. Or, c'est de ce phénomène exceptionnel, et répétons-le, absolument spécial, chez-nous, à la roche devonienne, dont M. Dupont s'empare pour étayer sa théorie sur la circulation des eaux dans les calcaires.

M. Dupont, évidemment, a trop étendu des faits particuliers ; il a trop généralisé, et c'est ce que nous allons essayer de prouver.

* * *

De la thèse de M. Dupont, il résultera nécessairement :

1^o Que sur les versants calcaireux, les puits seront impossibles puisqu'il n'y a, dans les calcaires, que des canaux d'écoulement, sans couche aquifère ;

2^o Qu'à chaque pluie soudaine et copieuse, ces canaux d'écoulement, fortement remplis, augmenteront brusquement et abondamment le débit des orifices ou sources ;

3^o Que le degré hydrotimétrique des eaux sera faible puisque les contacts avec le calcaire seront de peu de durée ;

4^o Que leur température sera approximativement celle des eaux de pluie elles-mêmes ;

5^o Que, quand les canaux auront déversé dans la vallée toute l'eau tombée — ce qui se fera rapidement puisque, en résumé, ils ne sont, d'après M. Dupont, que des canaux de *ruissellement souterrain* — ils cesseront d'être alimentés, et les sources tariront ;

6^o Qu'en cas de pluies brusques amenant un dégorgeement brusque, les eaux seront peu ou point filtrées.

Or, rien de tout cela ne se produit ni dans les carrières de Soignies et des Écaussines, ni dans les calcaires de Tournai et de Dinant, ni dans les calcaires de l'Entre-Sambre-et-Meuse, ni dans les bassins récemment étudiés du Bocq et du Hoyoux.

En effet :

1^o Partout on rencontre des puits sur les versants et les plateaux de ces terrains calcaireux ; s'ils ne sont pas aussi nombreux que dans les autres terrains (meubles et schisteux), c'est parce qu'ils sont fort difficiles et fort coûteux à établir, puisqu'il faut creuser la roche à des profondeurs d'autant plus grandes que les versants se redressent plus brusquement et plus fortement.

L'eau, dans tous ces puits, semble être dominante, ce qui indique qu'il n'y a pas là de simples conduits *d'écoulement*, mais une couche aquifère permanente qui monte quand il pleut, qui descend quand les pluies sont rares.

2° Si soudaines et si copieuses que soient les pluies, jamais on ne voit les sources débiter brusquement de plus grandes quantités d'eau, et s'il survient une longue période de sécheresse, c'est lentement, graduellement et après plusieurs mois, que leur débit diminue.

Les sources conservent donc une grande régularité de débit, incompatible avec un écoulement par simples canaux ;

3° Le degré hydrotimétrique est considérable ; donc l'eau ne se borne pas à parcourir plus ou moins rapidement des canaux calcaires ;

4° La température est assez uniforme et sensiblement la même pour toutes les eaux d'une même région ; ce qui n'existerait pas si les eaux traversaient de simples canaux. Cette température, uniforme et relativement assez basse, ne peut s'expliquer que par un long séjour souterrain à travers des milieux frais et très étendus, et surtout par le mélange des eaux nouvellement venues avec une masse aquifère considérable préexistante qui donne à toutes les sources, sortant des mêmes massifs, la même température ;

5° Jamais, quelle que soit la longueur des périodes sèches, on n'a vu les sources du Bocq et du Hoyoux tarir. Elles tariraient fatalement, même au bout de quelques jours, s'il n'y avait que de simples canaux sans réservoir souterrain ;

6° Jamais on n'a constaté, soit après des pluies lentes, soit après des pluies brusques, le moindre changement dans la composition chimique et bactérioscopique des eaux ; les analyses ont toujours donné des résultats analogues pour les mêmes sources. Donc, il n'y a pas de dégorgement brusque des eaux de pluie, et leur filtration est lente et complète.

Il n'y a d'exception à ce fait que pour les sources alimentées en partie par des aiguigeois, des entonnoirs ou autres dispositions de nature à polluer les eaux (1).

(1) Qu'est ce qu'un aiguigeois ?

Un aiguigeois est constitué par un ou plusieurs canaux dépourvus de cailloutis, de sables ou de limon, et se faisant voie à travers les calcaires.

Ces canaux laissent librement passer les eaux qui, dans leur parcours souterrain, ne sont ni décantées, ni filtrées.

Qu'on se figure un ruisseau coulant dans une vallée quelconque, calcaireuse ou limoneuse ; si, dans ce ruisseau, on déverse un certain nombre de mètres cubes de pierres, de manière à couvrir celui-ci sur une étendue plus ou moins grande, on aura créé un aiguigeois.

L'eau continuera à couler dans son lit, mais non plus à ciel ouvert.

L'eau des aiguigeois, en se mêlant souterrainement à une source, peut la contaminer, mais rien n'est plus facile que de faire disparaître cet inconvénient ; il suffit de bétonner l'aiguigeois, et de détourner le ruisseau ou la partie du ruisseau qui s'y engouffre.

* * *

Les considérations que nous venons d'exposer montrent donc la trop grande généralisation de la thèse défendue par M. Dupont.

Voyons d'autres affirmations de notre honorable confrère :

Dans sa communication, M. Dupont avance que dans le Condroz et dans l'Entre-Sambre-et-Meuse, il n'y a pas de puits dans le calcaire (t. IV, Pr.-Verb., p. 202).

Cette affirmation évidemment est inexacte.

C'est par centaines que se comptent les puits dans les calcaires du Condroz et de l'Entre-Sambre-et-Meuse.

L'eau n'existe pas dans la masse calcaire, dit encore M. Dupont (t. VII, Pr.-Verb., p. 142).

Dans une récente séance d'hydrologie, un de nos confrères (1) disait que les mineurs redoutent tout particulièrement l'approche des calcaires dans leurs travaux de mines parce que, quand on y pénètre, on est aussitôt assailli par les eaux qui parfois affluent avec une telle violence et une telle rapidité, qu'on a peine à fuir assez à temps pour échapper au danger de leur envahissement.

M. Delecourt-Wincqz, membre de la Société, s'est offert de montrer à M. Dupont les carrières de Soignies et des Écaussines, où la couche aquifère envahit le fond dès que les machines d'exhaure cessent de fonctionner.

Dans d'anciennes carrières : à Dinant, au Fond-de-Leffe; à Spontin, dans les exploitations de la Société anonyme des « Petits Granits » de Spontin, M. Dupont a pu constater, au fond des excavations, la présence de l'eau à des niveaux différents, suivant que ces excavations se rencontraient près du thalweg, à mi-côte, ou au sommet de la colline. Ces faits indiquent à suffisance qu'il y a là une couche aquifère continue; mais jusqu'aujourd'hui ils n'ont pas convaincu notre honorable contradicteur.

M. Dupont dit aussi que les puits creusés dans les schistes, fournissent de l'eau *en permanence* (t. IV, Pr.-Verb., p. 202).

C'est encore là une affirmation qui ne se vérifie pas. Rien n'est plus incertain que les sources ou les puits rencontrés dans les terrains schisteux ou psammitiques.

A toute période de sécheresse un peu prolongée, les sources y tarissent, et les puits y sont sans eau.

(1) *Note sur la présence de l'eau dans les calcaires* par C. BLANCHART (Bull. Soc. belge de Géologie Tome VIII, 1894, Mémoires, pp. 130-134 pl. VIII).

Voici ce que dit, à ce sujet, M. l'ingénieur Ch. François dans l'exposé du projet du Bocq, qu'il a présenté à la ville de Bruxelles :

« Les psammites (schistes et grès), moyennement perméables, renferment de l'eau, mais en raison de leur perméabilité restreinte — due uniquement au délitement de leur couche superficielle — et de leur alternance avec des couches de schiste imperméable, la couche aquifère y est subdivisée, et n'est pas abondante.

« Les puits qu'on y creuse sont fréquemment sujets au tarissement, à cause de l'insuffisance d'épaisseur du filtre naturel.

« Parfois, les versants psammitiques laissent échapper, à différents niveaux, un certain nombre de sources d'un petit débit et d'un rendement fort irrégulier.

« Ces ressources aquifères minimes ne peuvent nous être d'aucune utilité. » (*Exposé publié à l'Imprimerie générale, ch. d'Ixelles, 131. 1892, p. 30.*)

Ce qui se passe à Evrehailles confirme en tous points cette opinion.

Cette commune, bâtie sur les psammites, possède de nombreux puits et quelques sources; l'eau y manque à chaque période de sécheresse persistante. Aussi l'administration communale de cette localité a-t-elle installé une prise d'eau sur le Bocq; une roue hydraulique relève l'eau jusqu'au village.

La commune d'Amay, située dans la vallée de la Meuse, près de Huy, a établi une distribution d'eau en partie dans la masse quartzoschisteuse qui domine le village vers le chemin de Roua, et en partie dans un amas de calcaire formant le sous-sol du bois communal « dit le Chêneux ».

Nous copions la lettre que nous adresse, à ce sujet, l'échevin des travaux de la commune d'Amay.

« Notre distribution a trois prises d'eau : la première au bois Chêneux (calcaire); la deuxième au thier Pirka (calcaire et grès); la troisième aux Paireuses et Sarts-Wesmael (grès et schistes).

« La première a toujours donné de l'eau en suffisance, même dans les années sèches; la deuxième a donné lieu à des plaintes nombreuses dans ces mêmes années; et la troisième a complètement tari.

« En 1894, particulièrement pluvieuse, seule la galerie de Paireuses et Sarts-Wesmael a laissé à désirer.

« Dans les années de sécheresse la distribution est insuffisante; dans les années pluvieuses elle répond d'une façon assez convenable à tous les besoins. »

On le voit, là où il y a des calcaires la distribution est suffisante même en période sèche ; là où il y a des schistes, elle tarit.

Voilà où mènent les théories de l'eau *permanente* dans les terrains psammitiques et schisteux !

Pourquoi, dit M. Dupont, les villageois s'établissent-ils de préférence sur les psammites et non sur les calcaires ? C'est la question des eaux qui est le principal mobile. Par des puits, ils trouvent de l'eau dans les terrains psammitiques, tandis que dans les calcaires, les eaux ont un écoulement *complet* par les canaux qu'ils renferment, *et les puits ne peuvent s'y alimenter* (t. IV, Pr.-Verb., pp. 202-203).

C'est là une nouvelle erreur.

Les paysans s'établissent là où sont les terres qu'ils ont à cultiver, sans s'inquiéter du sous-sol.

Les communes d'Evrehailles, de Purnode et de Dorinne sont situées sur le plateau gauche du Bocq, au milieu des belles et fertiles campagnes qui s'étendent de là jusqu'à la vallée du Fond-de-Leffe.

Evrehailles est sur le schiste et le psammite ; Purnode et Dorinne sont sur le calcaire.

A Evrehailles, nous l'avons dit, les habitants manquent d'eau en période sèche, ils relèvent l'eau du Bocq ; à Purnode et à Dorinne, ils en ont à profusion en toutes saisons.

Les villageois ne se sont pas installés dans la vallée du Bocq, quoique l'eau y existe en abondance, parce qu'il n'y a là rien à cultiver ; la vallée du Bocq, en effet, ne possède que quelques maigres prairies dont on n'obtient un certain rendement qu'à force d'irrigations.

Voici ce que M. *Xavier Stainier*, professeur de géologie et d'hydrologie à l'Institut agricole de l'État, à Gembloux, dit dans une étude sur la question des eaux :

Parlant des terrains schisteux qui, selon son expression « forcent la » couche aquifère à rester à la surface », il dit :

« C'est un fait que la plupart de nos villages sont bâtis dans des » situations peu favorables au point de vue hydrologique.

» En temps de sécheresse, tout le monde s'alimentant à la même » couche aquifère dans un moment où, par suite de la chaleur, les » besoins sont beaucoup plus grands, cette couche finit par s'épuiser, » et l'on est à sec. Il faut se représenter alors l'embarras d'une exploi- » tation rurale, obligée d'aller chercher quelquefois à des kilomètres » de distance l'eau qui lui est nécessaire. Le long des routes on voit » bêtes et gens suant, soufflant, remontant les pentes et traînant des » récipients de tous genres » (*Bulletin de l'agriculture*, extrait reproduit par le Bulletin de la Société, (t. VII, Pr.-Verb., pp. 149-152).

Nous voilà loin de l'affirmation de M. Dupont (1).

M. Dupont parle aussi du phénomène des fontaines intermittentes qui serait dû à l'allure capricieuse des canaux rencontrés dans les calcaires, et il dit qu'une de ces fontaines existe à Yvoir (t. IV, Pr.-Verb., p. 204).

Nous sommes allé à la recherche de cette fontaine, et, guidé par des habitants de l'endroit, voici ce que nous avons trouvé :

Au milieu d'une prairie qui borde la roche calcaire, se voit un orifice d'où jaillit une certaine quantité d'eau.

Entre cet orifice et la roche, il y a un chenal de dérivation des eaux de la rivière destiné à irriguer la prairie. Quand la vanne est ouverte et le chenal chargé, l'orifice, situé en contre-bas d'un mètre environ, donne de l'eau en abondance, mais quand on ferme la vanne et qu'on cesse d'irriguer, plus une goutte d'eau n'en sort.

Nous ne serions plus revenu sur ce sujet si notre honorable confrère

(1) M. Dupont avait autrefois, au sujet des installations villageoises, des idées assez arrêtées; quand, en effet, on lui signalait des puits dans des localités rocheuses, il concluait aussitôt et *a priori* que ces localités étaient assises sur les psammites.

Naguère, nous lui renseignions deux puits à Purnode... « Certes, nous répondit-il, » mais Purnode est bâti sur le schiste »

M. Dupont évidemment se trompait, et à quelque temps de là, lors d'une excursion de la Société, M. François eut l'occasion de lui montrer ces deux puits, creusés en plein calcaire.

Depuis ces constatations, M. Dupont a modifié quelque peu sa manière de s'exprimer.

Notre honorable collègue de la Société de géologie ne dit plus qu'il n'y a pas de puits dans les calcaires, mais il explique *le phénomène* en disant « que, quand il en » existe, ils sont dûs à une coïncidence avec des canaux où l'eau circule. On peut, dit- » il, creuser un puits sur le trajet d'un canal, mais pour cela, il faut avoir la chance » de savoir le point où il se trouve » (t. VII, Mém. p. 237).

A Purnode, les deux puits que les excursionnistes ont visités, celui de la ferme de » Solaine et celui de la brasserie de M. Belot, sont situés à 80 mètres l'un de l'autre.

Au mois de mai 1892, nous avons mesuré la profondeur du puits de la ferme de Solaine. Le niveau de l'eau était à 13^m.50 du sol.

Après les années sèches 1892-1893, ce même niveau était successivement descendu à 16^m.10 et à 18 mètres (lettre du fermier du 4 octobre).

Il est évident que si le puits, au lieu d'être alimenté par une couche aquifère, était simplement établi sur un canal de dégorgement, le niveau de l'eau ne pourrait être inférieur à ce canal, sinon il y aurait cascade, et l'eau ne reprendrait plus son cours dans le canal interrompu par le creusement du puits. De plus, pour expliquer l'abaissement du niveau, il faudrait imaginer un second canal de décharge en contre-bas du premier.

n'y revenait lui-même dans une étude qui vient de paraître (1), et dont nous dirons quelques mots plus loin.

M. Dupont dit dans cette étude :

« Les phénomènes d'intermittence, dus à la disposition des canaux, » doivent être fréquents.

» J'ai entendu raconter dans ma jeunesse, par un de mes professeurs, qu'une fontaine intermittente existait dans une prairie sur le » Bocq, près d'Yvoir, mais que, lorsqu'elle fut signalée, il y eut » affluence de curieux, et le fermier, pour éviter que son foin fût » foulé, la fit fermer. Je n'ai pu m'assurer de la réalité de l'assertion » (p. 46) ; t. VII (Mém.), p. 230.

On remarquera la variante de cette version avec celle de 1890. Nous pensions que M. Dupont avait vu cette fontaine, mais il n'en est rien. Notre honorable confrère a simplement *entendu raconter la chose dans sa jeunesse par un de ses professeurs*.

Comment M. Dupont a-t-il pu se résoudre à baser toute une théorie sur une affirmation et sur des faits aussi problématiques ?

Ailleurs, M. Dupont affirme, qu'à une certaine profondeur, les bancs des calcaires sont soudés ; l'eau, dit-il, ne peut plus y pénétrer (t. VII, Pr.-Verb., p. 142).

Où M. Dupont a-t-il rencontré des calcaires soudés ? Il ne le dit pas. Dans les travaux de mines à 700, 1000 ou 1200 mètres de profondeur, on redoute l'approche des calcaires à cause des masses d'eau considérables qu'ils contiennent. Serait-ce à plus de 1200 mètres de profondeur que les soudures, et conséquemment l'imperméabilité dont parle M. Dupont, se rencontrent ? Dans l'affirmative, nous serions désireux de connaître les moyens d'exploration que l'honorable membre de notre Société a mis en œuvre pour arriver à constater le phénomène qu'il cite

Il est certain que les fissures profondes sont moins grandes que les diaclases superficielles, parce que l'eau, parvenue à une certaine profondeur, est saturée de sel calcaire, qu'elle ne contient plus d'acide carbonique libre, et que, conséquemment, elle n'attaque plus la roche. Mais de là à la soudure, il y a loin. Les cassures, les joints de stratification, les crevasses, les failles restent, et l'on sait, par les travaux de mines, combien ces solutions de continuité sont vastes et nombreuses !

M. Dupont ajoute :

L'eau n'existe pas dans la masse calcaire, mais seulement dans

(1) *Les phénomènes généraux des cavernes dans les terrains calcaireux et la circulation souterraine des eaux* (t. VII, 1893 Bulletin de la Société).

certaines diaclases en connexion avec les cavernes, et elles donnent lieu à des infiltrations si faibles, qu'il a pu continuer l'exploration des cavernes, l'hiver comme l'été, sans être sérieusement incommodé par l'eau venant de la voûte (t. VII, Pr.-Verb., p. 142).

En parcourant une grotte, M. Dupont s'est dit : s'il y avait une couche aquifère au-dessus de ma tête, l'eau jaillirait par les fissures de la voûte et m'inonderait ; et comme l'eau ne l'incommodait même pas, notre honorable confrère en a conclu qu'il n'y avait pas la moindre couche aquifère.

M. Dupont ne s'est pas demandé si la couche aquifère, au lieu de se trouver au-dessus de sa tête, ne se trouvait par hasard pas sous ses pieds.

Il est évident que l'eau filtre dans les terrains situés au-dessus des grottes, et si l'eau ne suinte pas en grande abondance dans ces excavations, c'est dû à ce fait que les fissures de la voûte sont presque généralement obstruées et bouchées par les concrétions pierreuses (stalactites), qu'une infiltration lente et continue des eaux y a déposées.

L'eau d'infiltration suit plusieurs voies : une partie contourne les grottes, là où les fissures sont hermétiquement closes ; une autre glisse le long des parois ; une autre encore coule goutte à goutte de la voûte en formant les stalactites et les stalagmites, et le tout va former la couche aquifère normale située plus profondément.

Comment M. Dupont explique-t-il le suintement qui, dans les cavernes, se produit goutte par goutte ?

Si, comme il le dit, la circulation des eaux dans les terrains calcaireux se fait par canaux donnant passage à des ruisselets, à des rivières même, les eaux qui pénètrent dans les grottes par la voûte, devraient y affluer par flots et non goutte par goutte.

D'après la carte pluviométrique de M. Lancaster, le savant météorologiste de l'Observatoire de Bruxelles, il tombe, dans la région de Han-Rochefort, une hauteur d'eau pluviale annuelle de 700 à 800^{mm} ; soit donc une moyenne de 21 m³ par jour et par hectare. Les 3/4 de cette eau ruissellent, s'évaporent ou sont absorbés par les plantes, environ 5 m³ seulement s'infiltrent ; il devrait donc tomber de la voûte 62 gouttes par mètre carré.

De ces 62 gouttes, nous pouvons admettre qu'un tiers contourne la grotte, qu'un tiers glisse le long des parois, et que l'autre tiers tombe du faite de la voûte, soit donc 20 gouttes par heure et par mètre carré ; et là où les diaclases de la voûte sont fortement obstruées par les stalactites, ce nombre se réduit à 5 ou 10 gouttes.

On comprend donc que M. Dupont ait pu explorer les grottes,

l'hiver comme l'été, sans y être trop incommodé par les eaux. Une chute de 5 à 10 gouttes par heure et par mètre carré n'est pas un phénomène susceptible d'attirer l'attention d'un naturaliste fortement occupé à faire des remarques qui l'intéressent davantage.

*
* *

Nous pourrions citer d'autres passages du travail de M. Dupont ; nous nous bornerons à ceux que nous venons d'examiner parce que, nous le pensons, joints aux raisons que nous avons fait valoir en commençant, ils suffisent pour montrer combien est peu fondée la thèse que notre honorable confrère a défendue.

Ce qui se passe dans le sous-sol, pas plus que M. Dupont, nous ne le savons d'une façon absolue, mais lorsqu'au lieu d'asseoir les raisonnements que l'on invoque sur des probabilités, on les appuie sur des observations directes, précises, palpables, et surtout sur des résultats acquis, on remonte plus facilement et plus sûrement aux causes.

Ainsi, nous voyons l'eau tomber à la surface du sol, s'y infiltrer et disparaître ; ces eaux débouchent dans la vallée sous forme de sources. Pour savoir comment elles se comportent souterrainement, interrogeons-les à leur sortie.

— Ces eaux ont une température fraîche et constante; donc elles ont longtemps séjourné dans un milieu vaste, homogène qui leur a communiqué cette température.

— Ces eaux sourdent avec une régularité extrême, que l'année soit sèche ou humide ; donc elles proviennent d'un réservoir compensateur.

— Jamais les sources du Hoyoux et du Bocq ne tarissent; donc il y a, dans ces régions, de grandes *réserves* d'eaux souterraines.

— Ces eaux montrent, au fond des puits, un niveau qui descend au fur et à mesure du dégorgeement des sources, qui monte si la pluie remplace la sécheresse; donc il y a une nappe aquifère, et conséquemment un réservoir.

— Ces eaux ont un degré hydrotimétrique élevé; donc elles se sont longuement trouvées en contact avec la roche calcaire qu'elles ont fortement dissoute.

— Ces eaux sont pures; donc elles ont filtré.

Tous ces faits évidemment n'existeraient pas si l'eau de pluie que nous voyons disparaître, suivait purement et simplement des canaux pour aller se répandre au fond de la vallée.



Cette thèse, que nous venons de développer, est confirmée par l'opinion de nombreux hydrologues.

Rappelons, en quelques mots, ce qu'en disent un certain nombre d'auteurs dans diverses publications.

Opinion de M. Gustave Dumont. (Rapport sur les eaux du Crétacé hesbayen, 1856.)

La circulation dans les terrains crayeux qui surmontent la formation houillère du Nord-Ouest de la ville de Liège, est analogue à la circulation dans les calcaires des environs de Namur.

La couche de craie s'y trouve en dessous du limon hesbayen ; elle repose sur une couche d'argile imperméable qui la sépare du terrain houiller. Les eaux pluviales traversent le limon, pénètrent dans la craie jusqu'à l'argile imperméable, et forment là, comme dans les calcaires au-dessus des terrains schisteux, une nappe aquifère inclinée au Nord vers le Geer.

Opinion de M. Donckier de Donceel. (Rapport sur le projet de captation des eaux du calcaire. Namur, 1882, pp. 14, 17, 20.)

La roche calcaire est éminemment perméable à l'eau, elle est traversée en sens divers par des joints, des fissures, des crevasses d'ouvertures variables, qui sont autant de passages pour la circulation des eaux.

C'est dans les parties voisines de la surface que se produisent les différences de niveau de la nappe aquifère, par suite, ou du surcroît d'eau qui pénètre dans le calcaire, ou du surcroît d'eau qui en sort.

Les eaux, en filtrant à travers le sol perméable, finissent par rencontrer des assises de terrain compacte imperméable, ou des espaces déjà remplis, qui les arrêtent dans leur marche descendante. Le niveau de la nappe s'élève alors jusqu'au-dessus des échancrures du sol donnant passage aux sources.

Les puits sont en communication avec la nappe d'eau, dont ils subissent, par conséquent, toutes les variations de niveau.

Opinion de M. Detienne. (Revue universelle des Mines, t. X, p. 34.)

Les sources émergent à différentes altitudes, et comme elles sont permanentes, elles accusent la saturation des parties de terrain qui les dominent.

Elles descendent jusqu'à la cote la plus basse du terrain dans lequel

on en rencontre, ce qui prouve une imprégnation générale s'étendant vers les points culminants dont elle se rapproche dans la saison pluvieuse, et vers les profondeurs où elle descend en temps de sécheresse.

Ceci existe pour les psammites comme pour les calcaires.

Opinion de M. Houzeau de Lehaie (t. VII, p. 142 du Bulletin de la Société).

Dès qu'il y a couche imperméable, il y a formation de nappe d'eau.

M. Houzeau cite le cas des environs de Mons, où il existe dans la craie phosphatée une nappe d'eau remarquablement régulière.

A Soignies, dans les grandes carrières de calcaire carbonifère, la pierre est divisée suivant des lignes de stratification schisteuses, connues sous le nom de délits à terre. Or, chacun de ces délits renferme de l'eau, de sorte qu'il se trouve un niveau d'eau à chaque délit.

Et M. Houzeau ajoute, qu'à son avis, l'agrandissement des canaux calcaires par corrosion, ne modifie en rien les conditions d'écoulement de l'eau.

Opinion de M. Moulan. (Le Hoyoux et les sources de Modave. Imprimerie H. Tordeur, Laeken, p. 53-54.)

Dans les calcaires carbonifères, il existe des nappes continues ; contrairement à l'assertion de M. Dupont qui prétend que les villages du Condroz et de l'Entre-Sambre-et-Meuse s'alimentent aux eaux des terrains psammitiques parce que les terrains calcaireux n'ont pas d'eau, je dirai que dans ces régions, il n'y a pas dix églises sur cent qui soient construites sur le schiste ; elles se trouvent généralement toutes sur le calcaire.

Les puits y sont nombreux.

A l'appui de cette théorie sur l'existence des nappes aquifères continues dans les calcaires, voici un fait indéniable puisqu'il est relaté sur timbre, et déposé au greffe du tribunal de Namur :

Les papeteries de Saint-Servais, près de Namur, voient un jour la rivière de Houyoux (non pas le Hoyoux) tarir ; une forte fontaine de la commune de Saint-Marc cesse de donner de l'eau ; dans toute la région, les eaux des puits creusés dans les calcaires carbonifères avaient baissé, d'où procès.

Quelle était la cause de ces faits ? Je fus chargé de la rechercher.

La mine de Vedrin qui exploite le filon bien connu de galène et de pyrite de Vedrin, avait ouvert dans les environs une galerie de démergement, et l'épuisement des eaux se faisait à une assez grande profondeur.

J'explorai un grand nombre de puits, et j'acquis la certitude que les épuisements de Vedrin étaient la cause du mal.

Je déposai un rapport dans ce sens.

Quelques jours après la remise de mon rapport, cette société arrêta ses travaux, et l'eau remontait dans tous les puits, et la fontaine de Saint-Marc se remettait à couler, et le Houyoux reprenait son cours.

Il y avait donc une nappe aquifère continue qu'influençaient les épuisements de Vedrin.

Opinion de M. Rutot (t. VI, p. 235 des Pr.-Verb. de la Société).

Il y a deux phases à considérer dans l'hydrologie des calcaires ; celle plus ou moins superficielle, où les eaux infiltrées dans le sol calcaire s'écoulent dans la profondeur, et celle, plus basse, où le rassemblement des eaux dans les sources et canaux inférieurs, remplit ceux-ci par suite de la résistance que la masse liquide éprouve à s'écouler dans le fond des vallées.

Il est évident que si la totalité de l'eau infiltrée ne peut s'écouler par les orifices ou sources du fond des vallées, toutes les fissures et canaux inférieurs s'injectent d'eau en mouvement, et que les résistances s'augmentant à mesure que l'on pénètre vers l'intérieur du massif, l'engorgement a une tendance à s'élever sur les deux rives de la vallée, et à monter ainsi vers les sommets.

On peut comparer, à ce point de vue spécial, une masse calcaire fissurée à une roche meuble à très gros éléments.

Dans la craie très fissurée, les choses se passent aussi de cette façon. Là, également, on trouve des niveaux d'eau réguliers, comparables à ceux fournis par les sables reposant sur des couches imperméables.

Opinion de M. Van den Broeck (t. IV, 1890 Pr.-Verb. pp. 183, 184, 186, 188, du Bulletin de la Société).

L'auteur parle des *sources de Modave*, dans la vallée du Hoyoux.

L'étendue des réservoirs calcaires drainés fournit l'explication normale du débit des sources.

On peut conclure de l'étendue même du réservoir, dont les sources ne sont que le trop plein, que des périodes de sécheresse pourraient impunément se prolonger sans que leur action se fasse sentir avant l'épuisement de la réserve contenue souterrainement dans les réservoirs calcaires alimentant les sources.

Les eaux ne s'engouffrent pas directement dans les fentes du calcaire. Il y a des sables, des limons, des terrains détritiques superficiels et des cailloux très répandus dans toute la région.

La constance remarquable du débit des sources et l'uniformité de leur température sont des indices certains d'un immense réservoir régulateur empêchant la transmission directe des influences climatériques et hydrologiques des phénomènes de surface.

Il est un criterium, parmi les bases scientifiques du débat, permettant de juger si les calcaires constituent seulement un système de cavités et de canaux amenant simplement aux sources des eaux peu filtrées, c'est l'analyse chimique. Or, cette analyse démontre que les eaux des diverses sources examinées sont sensiblement les mêmes, et qu'elles constituent des eaux pures et hautement recommandables comme eaux alimentaires (1).

Opinion de M. Walin (t. VIII, Pr.-Verb., pp. 93, 94, 103, 110 du Bulletin de la Société).

Il résulte des jaugeages faits au Hoyoux et au Bocq, que les

(1) A la demande du même auteur, qui, ayant pris connaissance de l'extrait qui précède, trouve que celui-ci — qui s'applique à un cas déterminé — ne rend pas suffisamment ses vues sur la circulation de l'eau dans les calcaires, je reproduirai encore l'extrait qui va suivre. Cet extrait a l'avantage de montrer, qu'à l'encontre de ce que pense M. Dupont, on peut parfaitement admettre, en même temps qu'une circulation *superficielle descendante*, par fentes et cassures — soit par canaux — l'existence simultanée d'une circulation *profonde horizontale*, constituant ce que l'on appelle les *nappes* ou *réserves aquifères* du calcaire.

M. Van den Broeck donc (*Bull. de la Société belge de Géologie*, tome VI, 1892, Pr. Verb., pp. 231-232) répondant à la question *Comment s'établit le régime hydrologique dans les masses calcaires*, fait remarquer qu'il a entendu émettre devant la Société deux thèses qui semblent contradictoires

L'une de ces thèses, dit-il, conclut à une simple circulation de l'eau par *canaux souterrains*; l'autre attribue aux calcaires un régime hydrologique analogue à celui généralement reconnu dans les roches perméables, c'est-à-dire à l'existence d'une *nappe aquifère* dont les allures se rapprochent de celles constatées dans les roches meubles.

Le désaccord constaté, dit M. Van den Broeck, ne proviendrait-il pas de ce que les observations en présence pourraient *se compléter* plutôt que *s'infirmer* mutuellement. Nos calcaires, plissés et ondulés, reposent sur des substratums imperméables devant amener EN PROFONDEUR des *nappes générales d'imprégnation* des innombrables fentes et cavités qu'elles présentent; tandis que les MASSIFS calcaires *séparant les vallées* doivent fournir un régime bien différent, caractérisé par des localisations et des écoulements successifs favorisés par ces mêmes fentes et cavités, mais où alors les *eaux superficielles* sont à l'état de circulation par *fissures, par diaclases et par canaux étroits*.

C'est ainsi que M. Van den Broeck se représente le phénomène complexe ayant donné lieu à des observations paraissant radicalement différentes, et l'on voit que le fait d'une circulation partielle par canaux n'exclut nullement l'existence en profondeur de nappes ou *réserves générales aquifères*.

sources de ces deux rivières peuvent donner plus de 200.000 mètres cubes d'eau par jour.

Les réserves d'eaux emmagasinées dans les calcaires du Condroz sont donc considérables.

Il y a deux modes de circulation dans les calcaires : la circulation par translation que j'appellerai horizontale à défaut d'autre expression, et la circulation verticale, que je considère comme filtrante.

Le réservoir souterrain qui alimente les sources est constamment alimenté par le haut. Au parc de Modave et à Spontin, on constate, à l'aide de puits, que les niveaux se relèvent presque régulièrement sur les flancs de la vallée.

La circulation se fait dans les calcaires carbonifères, non pas par des canaux constamment en relation avec la surface par aiguigeois, mais bien par des diaclases, des joints, des cassures, des nappes de sables ou de matières meubles, des conduits de toute nature disposés de manière que les eaux, après leur parcours souterrain, soient parfaitement filtrées.

La circulation par canal souterrain en relation avec un aiguigeois superficiel ne se fait que pour les eaux qui se troublent après les pluies c'est-à-dire, dans les bassins du Bocq et du Hoyoux, pour trois petites venues d'eau : une à la Brugelette, une autre au ruisseau de Vyle, la troisième au ruisseau de St Pierre.

Opinion de M. Verstraeten (t. VIII, séance du 17 avril 1894 du Bulletin de la Société).

Dans le Condroz (Bocq et Hoyoux), le sol est ordinairement formé d'une pellicule limoneuse, sableuse, graveleuse, caillouteuse, voilant tantôt des amas de sables, plus souvent les roches qui ça et là se découvrent.

Ces roches constituent le sous-sol. Supérieurement, elles se présentent par bandes alternatives calcaires et quartzo-schisteuses. En profondeur, les bandes quartzo-schisteuses réalisent une suite de vastes cuves comblées par le calcaire.

Les bandes quartzo-schisteuses sont à considérer dans leur ensemble, et à certaine profondeur, comme imperméables ; les bandes calcaires sont très divisées dans toute leur masse par des joints et des cassures, le tout plus ou moins rempli d'éléments désagrégés.

Comment se conduisent les pluies sur et sous le sol ?

Les filtrations d'eau qui tendent à descendre verticalement, rencontrent des amas sableux, et plus habituellement les bandes calcaires quartzo-schisteuses.

Dans celles-ci, les eaux infiltrées pénètrent à peu de profondeur, bientôt l'imperméabilité de la roche s'accuse, et les venues pluvieuses nouvelles ne peuvent plus que glisser sur le sol mouillé pour aller s'infiltrer plus loin dans la roche calcaire contiguë.

Les bandes calcaires sont donc alimentées non seulement par les eaux tombant directement au-dessus d'elles, mais par les ruissellements refusés pour cause de trop plein par les roches quartzo-schisteuses.

Ces eaux descendent et cheminent par des voies plus ou moins multipliées et sinueuses jusqu'à ce qu'elles rencontrent l'imperméabilité. Là, elles s'étalent en couche aquifère et peu à peu par les nouvelles venues pluvieuses, la nappe s'exhausse jusqu'à la surface.

Opinion de M. François (t. VI, Pr.-Verb. p. 232 du Bulletin de la Société).

A la suite de nombreux relevés de puits et de niveaux d'eau que j'ai eu l'occasion d'effectuer dans les diverses régions calcaires de notre pays, j'ai acquis la conviction qu'il existe dans les masses calcaires de toutes catégories, l'équivalent de ce qui se passe dans les roches meubles; c'est-à-dire qu'à partir du niveau du fond des vallées, il s'établit, sous les deux versants, une nappe liquide qui s'élève peu à peu vers les plateaux, et dont la surface rappelle, avec des reliefs moindres, celle de la surface extérieure du sol.

Cette loi est applicable à tous les calcaires, aussi bien à ceux régulièrement stratifiés qu'à ceux relevés et plissés.

Les calcaires régulièrement stratifiés de Tournai, les calcaires disloqués et fissurés du Fond-de-Leffe (Dinant), en donnent des exemples que tout le monde peut constater.

En réunissant les niveaux hydrostatiques observés, on obtient une courbe rappelant celle des reliefs du sol.

Toutes les observations faites portent à conclure à l'existence, au sein des calcaires, d'une nappe régulière montrant des points hauts et des points bas, concordant avec les reliefs du sol.

Les eaux de la surface, en s'infiltrant, forment donc une couche aquifère souterraine qui alimente les sources du fond des vallées.

* * *

Pour les membres de la Société de géologie qui suivent nos débats scientifiques et qui connaissent ces opinions, la question semblait paraître si claire qu'il n'y avait plus de raison d'y revenir, surtout après la communication de M. Moulan (7 août 1890), les discours de

MM. Verstraeten et François (15 novembre 1892), et l'excursion extraordinaire du 3 août 1893, lorsque M. *Putzeys*, chef du service des eaux de la ville de Bruxelles, annonça une nouvelle communication sur le même sujet.

L'ordre du jour de la séance (23 janvier 1894) était libellé comme suit:

De la circulation des eaux dans les calcaires de l'Ourthe, du Hoyoux et du Bocq.

La thèse développée fut celle de M. Dupont, reprise point par point par M. Putzeys.

* * *

MM. Walin et Verstraeten, qui déjà avaient combattu la thèse de M. Dupont, ont réfuté les théories de M. Putzeys dans deux séances ultérieures (6 mars et 17 avril 1894), mais M. Putzeys a parsemé sa démonstration de considérations qui n'ont pas été rencontrées par ces Messieurs, et dont il est peut-être utile de parler.

* * *

Avant, pourtant, il convient de dire un mot d'une communication nouvelle que M. Dupont vient de faire paraître; communication qui a été reportée au t. VII de 1893 du Bulletin de la Société, pour la rapprocher du compte rendu, présenté par M. le commandant J. Willem, de l'excursion annuelle faite à Han, Rochefort, Namur, Modave et Spontin au mois d'août 1893.

Cette communication, dont des tirés à part ont été répandus dans le public avant la publication du volume, a pour titre :

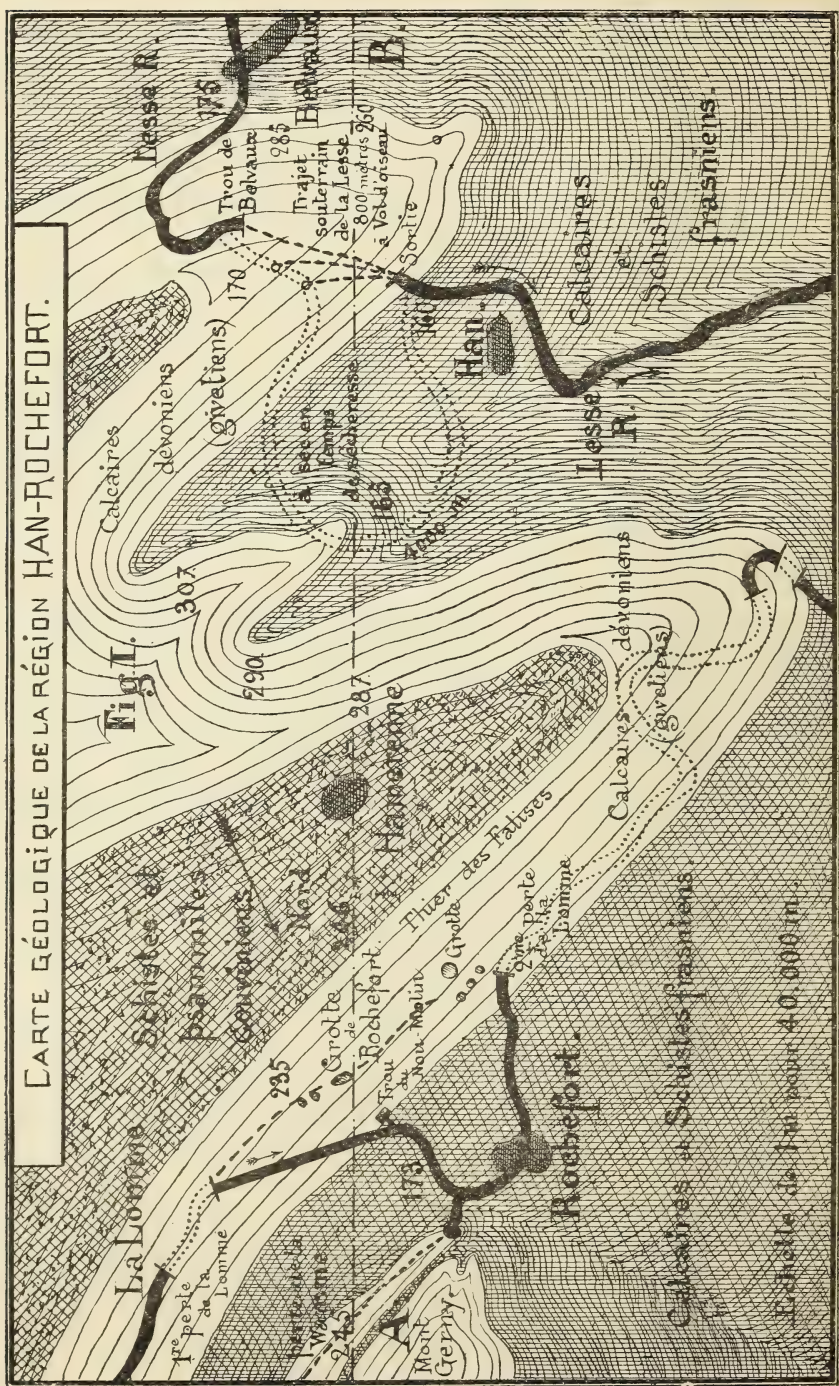
Les phénomènes généraux des Cavernes dans les terrains calcaireux et la circulation souterraine des eaux.

Dans ce travail, M. Dupont revient sur sa manière de voir émise en 1890, et il débute par ces déclarations :

« La région Han-Rochefort se signale à nous comme notre région en quelque sorte type pour l'étude de la circulation des eaux en terrain calcaire » (p. 5 du tiré à part et p. 192 du Bull., t. VII).

Comme on le voit, cette opinion qui, dans la première communication de M. Dupont, n'était qu'effleurée, est cette fois nettement exprimée.

C'est bien et uniquement ce qui se passe dans les excavations de Han et de Rochefort qui a conduit M. Dupont à conclure que c'est là le mode général de circulation des eaux dans les terrains calcaireux. (Fig. I ci-contre.)



* * *

Pages 9 et 10 du tiré à part, 193-194 du Bulletin, t. VII, M. Dupont dit :

« Une rivière, après un cours prolongé à ciel ouvert, et sans que rien d'anormal se soit présenté jusque-là dans son régime, disparaît tout à coup sous terre. . . . A une certaine distance, l'eau engouffrée reparaît à l'état de source. . . . »

« C'est dans les régions calcaireuses que les rivières subissent des engouffrements et donnent naissance, par la réapparition au jour de leurs eaux, aux sources des calcaires . »

M. Dupont, dans tout le cours de son étude, considère la *Lesse*, sortant de la roche à Han ; la *Lomme*, sortant de la roche à Eprave-Rochefort ; la *Wamme*, sortant de la roche à On ; l'*Ourthe*, sortant de la roche à Barvaux ; l'*Eau Noire*, sortant de la roche à Couvin, comme *des sources*.

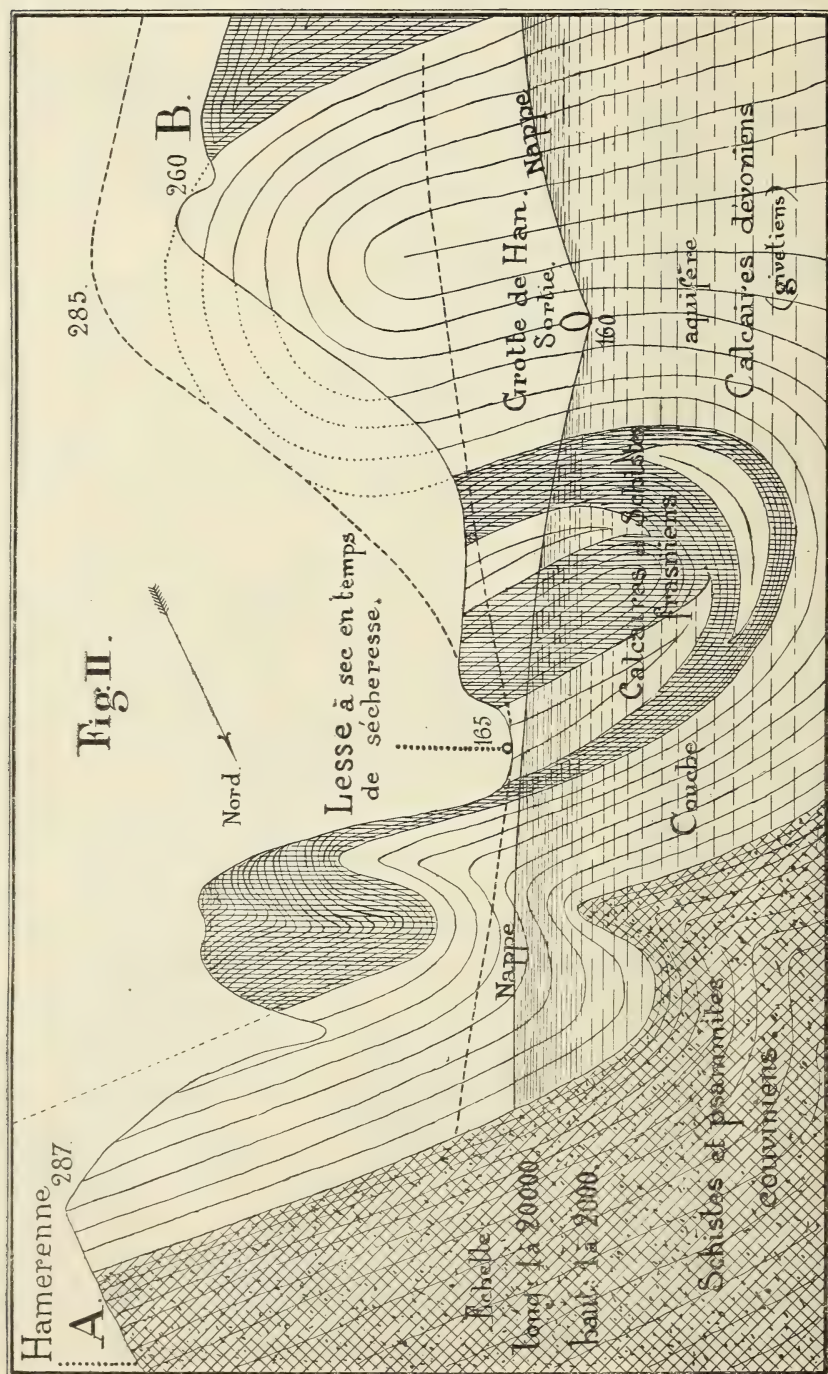
Pour nous la circulation des eaux, dans les calcaires devoniens, est, dans son principe, identiquement la même que dans les terrains meubles et dans les calcaires carbonifères. Elle n'en diffère que par la présence de cavernes et de grottes, qui ne modifient en rien ce principe général, mais ont pour effet de faire varier l'allure des nappes aquifères qu'elles dépriment et qu'elles abaissent, comme le fait une vallée elle-même. On peut, en définitive, considérer une grotte, donnant passage à une rivière, comme une véritable vallée.

Voici, d'après moi, ce qui se passe dans les calcaires devoniens lorsqu'une grotte, à cours d'eau continu, les traverse : (Fig. II page 340.)

Comme on le voit par la coupe figurée plus loin, la courbe la plus basse de la nappe d'eau, au lieu de se trouver sous la vallée, comme l'indique la ligne pointillée, se trouve reportée sous la grotte.

En temps ordinaire, les nappes aquifères restent au niveau des grottes traversées par un cours d'eau ; mais aux époques pluvieuses, quand les rivières débordent dans les vallées, les eaux envahissent les cavernes ; elles peuvent les remplir tout entières, et même dépasser leur voûte. En période de sécheresse, les grottes que ne traverse aucune rivière sont à sec ; en période humide, la couche aquifère monte, grandit, atteint le sol de leur cavité, et un cours d'eau momentanément s'y établit.

Ce sont ces oscillations de la nappe aquifère qui expliquent que certaines parties des grottes de Han sont tantôt accessibles, et tantôt plus ou moins submergées.



Il y a aussi des grottes qui, par suite de leur altitude, ne sont jamais envahies par les eaux.

Ces grottes, naturellement, n'ont aucune influence sur l'allure des nappes aquifères. Telle la grotte de On, à mi-chemin de On à Jemelle; telle encore une partie du Trou du Salpêtre, par où les touristes entrent dans la grotte de Han, inaccessible aux inondations les plus élevées et aux expansions les plus hautes de la nappe aquifère.

* * *

Pour M. Dupont, les grottes et les cavernes sont le résultat uniquement de la corrosion de la roche calcaire par l'eau de pluie chargée d'acide carbonique qui dissout le calcaire (pp. 12 à 20 du tiré à part, 195 à 203 du Bulletin, t. VII).

S'il en est ainsi, comment expliquer l'action corrosive de l'eau et conséquemment l'existence de grottes plutôt à un endroit qu'à un autre? Pourquoi dans toute la bande de calcaire devonien qui traverse l'Ardenne luxembourgeoise et l'Ardenne liégeoise, ne trouve-t-on pas la moindre grotte entre Jemelle et Barvaux, Remouchamps ou Tilff?

Et dans les grottes elles-mêmes, pourquoi y a-t-il des cavités étroites et resserrées d'une part, et de vastes anfractuosités d'autre part?

La roche devonienne calcaireuse que l'on rencontre dans ces régions, est partout la même; elle est composée des mêmes éléments, c'est-à-dire comme nous l'apprend M. Dupont, de calcaire stratifié, décrit sous le nom de calcaire à *Stringocéphales*; elle possède les mêmes fissures, les mêmes diaclases, les mêmes joints de stratification; l'eau de la surface la pénètre partout de la même façon. Pourquoi, dès lors, la roche serait-elle corrodée ici et pas là? Toutes choses égales, la même cause doit avoir le même effet.

Cette préférence pour certains points de la masse calcaire et ces actions dissolvantes variables que M. Dupont prête à l'agent corrosif, ne se justifient par rien.

Ajoutons que si la corrosion était la seule cause de la formation des grottes, celles-ci devraient s'étendre verticalement selon la descente de l'eau, et non horizontalement.

Elles devraient se rencontrer plutôt dans les calcaires carbonifères que dans les calcaires devoniens, car les calcaires carbonifères offrent à l'agent chimique une résistance beaucoup moindre que les calcaires devoniens, qui sont constitués par une roche plus compacte, plus dure et plus réfractaire à l'action de l'eau acidulée. Or, toutes nos grottes

s'étendent horizontalement et se rencontrent *uniquement*, nous pouvons le dire, dans le calcaire devonien.

La grotte de Rochefort n'a de vertical que son entrée et sa sortie, et il est fort probable que cette entrée et cette sortie ne sont que les orifices d'aiguigeois, élargis par des écroulements qui ont obstrué les véritables couloirs d'entrée et de sortie, et que plus tard, on découvrira d'autres issues vers le fond de la vallée.

De plus, comme nous le disons dans la première partie de ce travail, les eaux d'infiltration, après un certain parcours à travers les diaclases, les fissures et les joints de stratification, sont saturées de sel calcaire; quand elles arrivent aux grottes, elles ne contiennent plus d'acide carbonique libre; elles ne peuvent donc plus dissoudre la roche.

Loin d'agrandir les grottes, l'eau chargée de sels calcaires qu'elle a dissous en passant par les diaclases, les fissures et les joints de stratification, les rétrécit au contraire. On estime, en effet, que les stalactites et les stalagmites de la grotte de Han occupent un espace de plus de 2000 m³, et que la couche de calcaire chimique déposée sur les parois de la grotte, sous forme de draperies, de cascades, de trophées, ou tapissant simplement ses flancs, a, à certains endroits, plusieurs décimètres d'épaisseur.

La grotte d'Arcy, surtout remarquable par ses stalactites, en contient plus de 3000 mètres cubes.

Et cette accumulation de calcaire chimique ne pourra que s'augmenter, dans l'avenir, par suite des communications nombreuses et nouvelles que l'on établit chaque jour dans les grottes visitées par le public.

La formation des stalactites, en effet, est d'autant plus abondante que la ventilation est plus forte.

Han offre de ce fait un exemple frappant. Le « boudoir de Proserpine » situé près de la sortie, est surtout sujet aux incrustations parce qu'il existe dans cette partie de la grotte de forts courants d'air, qui y produisent une rapide évaporation.

C'est là que les guides déposent des objets divers, tels que petits paniers, corbeilles, etc., afin de les « pétrifier » pour les vendre aux touristes. Au bout d'un hiver, ils sont recouverts de calcaire.

C'est là aussi que se sont accumulées ces masses de stalactites et de stalagmites qui donnent à la sortie de la grotte son aspect féerique et merveilleux.

A ce propos, M. Dupont dit en substance, p. 204 du Bulletin, t. VII :

Il n'y a pas de différence entre le pouvoir dissolvant des eaux puisqu'elles proviennent toutes de la même source, mais plus l'épais-

seur des terres blocailleuses que celles-ci doivent traverser pour arriver dans les cavernes est grande, et plus est forte la quantité de calcaire dissous.

Ce fait explique pourquoi les eaux produisent une quantité notable de calcaire chimique d'un côté, et peu ou point d'un autre.

Nous croyons que notre honorable collègue de la Société n'interprète pas bien le phénomène.

En effet, d'après cette théorie, les incrustations de la grotte de Han, par exemple, devraient être plus abondantes vers le milieu de l'excavation, là où la voûte a une épaisseur de 100 à 125 mètres, que dans le boudoir de Proserpine, où cette épaisseur n'atteint pas 15 mètres; et pourtant, c'est dans le boudoir de Proserpine que le pouvoir incrustant est le plus considérable.

Il faut donc chercher ailleurs la cause de ces différences dans les dépôts calcaires, et, nous le disons plus haut, c'est tout simplement une question de ventilation et d'évaporation.

Il résulte de ces faits qu'il faut attribuer la formation des grottes à des phénomènes plus complexes que la corrosion par les eaux venues de la surface; et M. Dupont entrevoit un de ces phénomènes à la page 21 de son tiré à part (p. 205 des Mém. du Tome VII).

« Là, dit-il, où la pression qui a déterminé les plissements des roches » calcaires ne s'est pas assez uniformément répartie pour maintenir les » couches appliquées l'une contre l'autre, il s'est produit un vide entre » elles. On en rencontre de loin en loin un exemple. »

Ce fait constaté par M. Dupont nous paraît avoir une importance plus grande qu'il ne se l'imagine.

Pour nous, voici comment les choses ont dû se passer :

Comme nous le disons plus haut, à l'époque devonienne, les roches primaires, selon la force d'impulsion qui leur avait été imprimée par les bouleversements du sol, prirent différentes positions.

Dans certaines parties, il se forma des voûtes, des ploiements irrégulièrement contournés, amenant des défauts de juxtaposition des masses rocheuses, tels qu'en fournit, comme démonstration aisément accessible, la grotte de Tilff, près de Liège, dont la cavité est manifestement formée par les bancs calcaires arc-boutés en forme de triangle. (Fig. III page 344.)

Suivant nous, les géologues ont méconnu la portée de tels faits, que je crois très fréquents en profondeur.

Ces solutions de continuité primitives ont dû très généralement constituer la base, le point de départ des grottes que des écroulements postérieurs, produits par des actions chimiques et mécaniques agissant



FIG. III

Vue de l'entrée de la grotte de Tilff, d'après une photographie. (Gravure extraite du Mémoire de M. Ed. Dupont, Tome VII (1893) des Mémoires de la Société Belge de Géologie)

tantôt isolément, tantôt parallèlement ou successivement, ont peu à peu agrandies.

Il est même permis de se demander si *cette action géodynamique initiale* n'a pas suffi, dans beaucoup de cas, pour créer de toute pièce les cavernes telles que nous les observons actuellement, quand l'action chimique et mécanique ne s'impose pas par des effets bien reconnaissables.

Cette thèse, qui, je le reconnais, n'est guère admise par nos géologues, me paraît cependant de nature à ouvrir les voies vers de nouvelles recherches, et j'émetts l'espoir que celles-ci aboutiront à faire la lumière complète sur cette question.

*
* *

Pages 50 et 51 du tiré à part (234, 235 des Mémoires, t. VII), nous trouvons des données qui se résument comme suit :

Dans les terrains calcaireux, les eaux d'infiltration sont en quantité si faible, qu'elles ne peuvent, à aucun point de vue, même contribuer à alimenter la circulation des eaux qui donnent lieu aux sources.

Les eaux des rivières, en s'introduisant avec continuité, aux basses eaux comme aux hautes eaux, par des orifices disposés dans le lit même, sont à coup sûr la cause des grandes masses d'eau qui sortent des calcaires à l'état de sources.

Les sources des calcaires proviennent d'engouffrements d'eau de rivières dans des orifices de cavernes situés dans le lit de ces rivières.

« *Une source, dans nos pays calcaireux, n'est donc autre chose que l'issue d'un ruisseau dont les eaux ou une partie des eaux ont pris, pendant quelque temps, leur cours dans un canal souterrain.* »

Comme on le voit, M. Dupont a assez bien accentué sa manière de voir depuis sa première communication.

Pages 52 et 53 du tiré à part, 236-237 des Mémoires, il continue :

« Les eaux qui alimentent les sources dans les schistes sont des eaux d'infiltration ; les eaux qui donnent les sources dans les calcaires sont des rivières. » Puis il ajoute un exposé que je résumerai comme suit :

Dans les schistes les puits donnent de l'eau en permanence ; dans les calcaires, il n'y a pas de nappe aquifère, mais des canaux soutirant les eaux des rivières ; ce serait peine perdue que d'y établir des galeries drainantes et des puits, à moins d'une coïncidence avec un canal où l'eau circule, et il faudrait, pour pouvoir établir ce puits, avoir la chance de savoir le point où se trouve le canal.

Donc, d'après M. Dupont, l'infiltration des eaux de pluie, en pays calcaireux, est si faible qu'il n'y a pas lieu d'en tenir compte dans la production des sources !

Nous pensions, au contraire, que l'infiltration y était considérable.

Ce ne sont plus les pluies qui forment les sources, ni les sources qui forment les rivières, mais les rivières qui forment les sources !

Mais alors, d'où viennent les rivières ?

Dans les schistes les puits donnent de l'eau en permanence !

Ni les galeries drainantes, ni les puits, dans l'état ordinaire des choses, ne sont possibles dans les calcaires !

C'est, en résumé, la négation de faits patents, existants, de faits que tout le monde peut voir et constater ; de faits, qui jusqu'aujourd'hui, n'avaient été déniés par qui que ce soit.

M. Dupont pouvait d'autant moins les révoquer en doute, que ses collègues de la Société lui ont montré des puits à Purnode, en plein calcaire ; qu'il a pu s'assurer que ceux-ci plongeaient en pleine couche aquifère apparemment stagnante et non courante, ce qui éloigne toute idée de canal de dégorgeement des eaux ; qu'il a pu enfin visiter la prise d'eau que la commune d'Evrehailles a faite au Bocq, parce qu'elle ne trouvait pas, en *permanence* dans son sol schisteux, l'eau dont elle avait besoin.

A propos de la source de *Tridaine* située près de Rochefort, M. Dupont fournit des détails qui peuvent se résumer comme suit :

La source de *Tridaine* est au Nord de Rochefort ; on connaît son orifice de sortie, on sait que ses masses d'eau ont l'importance d'une véritable rivière, et qu'elles proviennent du Gerny, mais on ignore à la fois quel trajet souterrain elles exécutent, et quelles sont les eaux qui leur donnent naissance (page 61-62 du tiré à part, 244-245 des Mémoires, t. VII).

Ce qui donne naissance à la source de *Tridaine*, mais ce sont les eaux de pluie.

La *Tridaine* jaillit de la vallée du *Biran*, à la cote 200. Elle est dominée par le plateau du Gerny, masse rocheuse de calcaire devonien couverte de bois et de terres arables d'une superficie de 2000 hectares ; elle s'étend jusqu'aux environs du village de Aie, où elle atteint la cote 290.

2000 hectares recevant par infiltration, comme nous en avons fait le calcul plus haut, 5 m³ par jour et par hectare, doivent donner une ou plusieurs sources d'un débit total de 10.000 m³ d'eau par jour.

Point n'est donc besoin de chercher au loin des rivières créatrices, et si l'on veut s'obstiner à prétendre que les sources ne sont que des détournements de rivières, encore faudrait-il nous montrer ces rivières, et nous dire surtout ce que deviennent les eaux de pluie, si, comme l'affirme M. Dupont, elles ne contribuent en rien à la formation des sources.

Où est la rivière qui alimente la source de *Tridaine* ?

Pourquoi le débit des sources — qui devrait rester toujours le même puisque, d'après M. Dupont, les sources résultent de l'engouffrement d'une partie de rivière — varie-t-il d'une époque à une autre ?

Pourquoi les analyses chimiques et bactérioscopiques donnent-elles des résultats essentiellement différents, selon qu'elles portent sur des eaux de rivière ou sur des eaux de source ?

Pourquoi les habitants d'Evrehailles, s'ils ont, comme le prétend M. Dupont, de l'eau en permanence, ont-ils établi, à grands frais, une prise d'eau sur le Bocq ?

Pourquoi toutes les communes qui ont construit des galeries filtrantes dans les schistes, sont-elles privées d'eau à chaque été un peu sec ?

Comment se fait-il enfin que notre honorable confrère n'ait pas encore constaté qu'il existe des centaines de puits dans les calcaires du Condroz et de l'Entre-Sambre-et-Meuse ?

Ceci dit, revenons à la communication de M. Putzeys.

* * *

« Lorsque l'on fait entrevoir au public, dit M. Putzeys, que l'on peut lui distribuer de « l'eau de source » et que l'on a soin de souligner cette offre en disant « eau de roche, » il est immédiatement séduit ; il semble qu'il y a dans ces mots une sorte de magie, un gage de sécurité absolue.

« C'est là un des écueils dont les hygiénistes doivent se garer » (t. VIII des Pr. Verb. de la Société, p. 7).

Telles sont les prémices de M. Putzeys.

Les eaux de plusieurs des sources des terrains calcaires de la haute Belgique, dit-il ensuite, qui ont été présentées pour l'alimentation de l'agglomération bruxelloise sont « aujourd'hui condamnées au point de vue géologique, et leur dérivation mettrait la santé publique en péril. »

« Bon nombre de villes de l'étranger ont payé fort cher cet engouement irréfléchi pour les « eaux de roche » et je sais en Belgique telles localités qui sont, selon moi, sous le coup de terribles surprises » (t. VIII des Pr. Verb., p. 7-8).

Quelles sont ces localités ? M. Putzeys ne le dit pas.

Malgré la confiance que le public accorde aux eaux de roche depuis que les siècles se succèdent, M. Putzeys les condamne d'un trait de plume.

Et il va nous dire pourquoi :

C'est parce que les eaux de roche sont des eaux polluées, contaminées, absolument impropres à la consommation, ou tout au moins des eaux qu'il faut surveiller avec la plus grande attention.

Pour faire cette démonstration M. Putzeys invoque la manière de voir de M. Dupont :

Si, dit-il, en creusant dans la masse calcaire on trouve de l'eau, elle proviendra d'un cours souterrain inconnu. On pourra même, après avoir franchi le canal aquifère, ne plus rien trouver.

Il en est ainsi parce que les terrains compacts par nature, mais fissurés par accidents géologiques, ne comportent que des rigoles et des corridors d'écoulement (t. VIII des Pr. Verb., p. 10).

Après cette affirmation, on attend des preuves, mais M. Putzeys, pas plus que M. Dupont, n'en apporte la moindre (1).

Voici comment M. Putzeys figure la circulation des eaux dans les calcaires (Ibid., p. 39) : (Fig. V, reportée ci-dessous.)

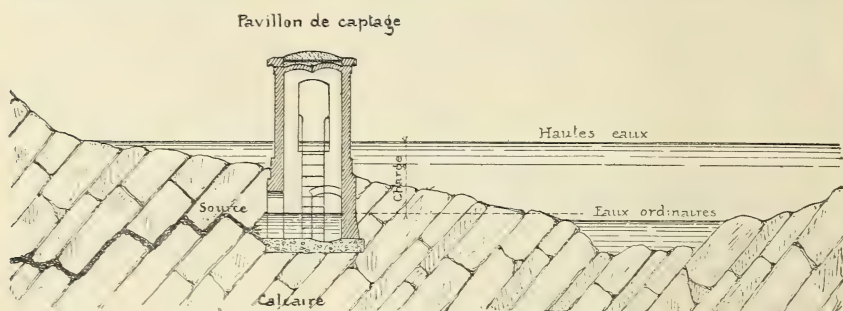
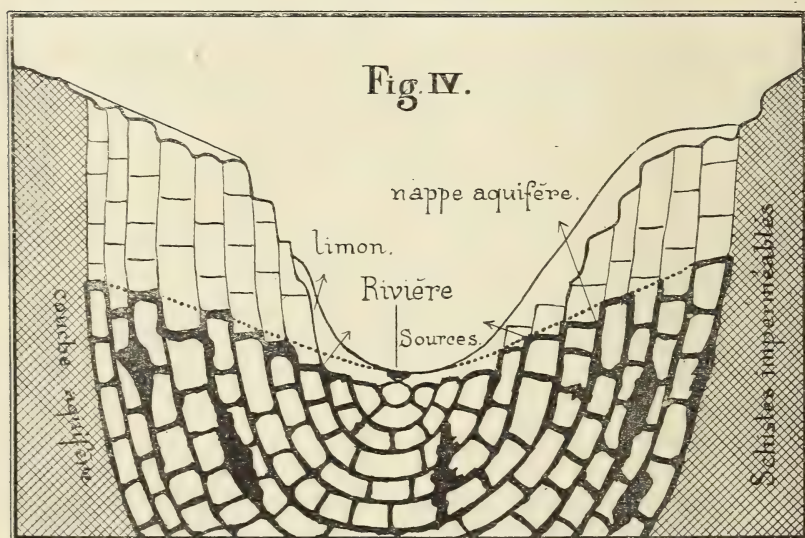


FIG. V.

Voici, d'après nous, comment les choses se passent : (Fig. IV.)



(1) M. Putzeys invoque ici l'avis de Belgrand, auteur de la captation des sources de la Vanne, de la Vigne et de Verneuil.

M. Putzeys invoque son avis en disant :

« Si des hommes tels que Belgrand prétendent que dans les terrains calcaires les nappes d'eau sont discontinues, il conviendrait, etc. »

Où M. Putzeys a-t-il puisé ce renseignement ? Il ne le dit pas.

Pour donner quelque crédit et quelque autorité à une semblable affirmation, il eût fallu citer la source. C'était chose importante, indispensable.

Il eût fallu aussi faire la citation complète, c'est-à-dire mettre le lecteur à même de bien comprendre ce que M. Belgrand entend par les mots « nappes discontinues ».

Il y a évidemment une lacune regrettable dans la note de M. Putzeys.

La couche aquifère, ou bassin hydrographique souterrain liquide, est formée par les eaux de pluie infiltrées à travers les terrains perméables, soit dans leur masse (sables), soit dans des terrains crevassés, fissurés (calcaires).

Ces eaux descendent, autant qu'elles le peuvent, verticalement, et finissent par être arrêtées par une base imperméable (argile, schistes, etc.).

Elles s'étalent alors sur cette base et s'y élèvent jusqu'à ce qu'elles rencontrent à un endroit quelconque du bassin des issues d'évacuation (sources).

Si les infiltrations persistent, et si la couche aquifère reçoit plus d'eau qu'elle n'en évacue, elle grossit, elle emmagasine, elle élève sa nappe qui se bombe, elle forme un vaste réservoir souterrain, et les issues d'évacuation, plus chargées, débitent davantage.

C'est ce que nous montre la fig. IV.

* * *

Plus loin, M. Putzeys développe la thèse qu'il est matériellement impossible de faire un levé de la nappe liquide dans les calcaires; d'abord parce que, dans les calcaires, les puits sont rares et qu'on ne peut en établir qu'au prix des plus grandes difficultés; parce que les gorges sont trop abruptes et les dénivellations trop grandes; parce que le travail serait trop coûteux; parce qu'enfin il n'y a pas de nappe aquifère, mais de simples canaux *au delà desquels on peut ne rien trouver* (t. VIII, Pr.-Verb., p. 10).

Or, les puits, sans être aussi abondants que dans les autres roches, ne manquent pas dans les calcaires. Nous en avons relevé assez bien sur les plateaux du Hoyoux et du Bocq, et nous avons parfaitement établi la nappe liquide à Spontin au moyen d'un puits à proximité du thalweg, d'un puits à Dorinne à mi-côte, et de deux puits situés à Purnode au sommet du plateau.

Pourquoi ce qui est possible à Spontin ne le serait-il pas ailleurs?

M. l'ingénieur François a fait ce levé au moyen de nombreux puits et de carrières pour les calcaires horizontaux de Tournai et pour les calcaires redressés du Fond-de-Leffe, près de Dinant.

A Soignies et aux Écaussines, on détermine ce niveau avec la plus grande facilité; bref, c'est une opération courante, connue de tous les hydrologues.

Pour M. Putzeys, faire un levé de la nappe aquifère dans les calcaires, revient à demander à l'ingénieur hydrologue de dresser un

plan complet de la canalisation souterraine alors qu'on ne connaît rien, ou du moins peu de chose de cette canalisation, afin d'en déduire les travaux qu'il faudrait exécuter pour en prendre possession (t. VIII, Pr.-Verb., p. 12).

Nous avouons ne pas comprendre l'objection.

L'eau imprégnant tous les canaux (fig. IV) jusqu'à une certaine hauteur, il suffit pour en prendre possession de placer un drain en un point quelconque de l'espace liquide.

Quand les paysans creusent un puits pour aller à la recherche de la couche aquifère, font-ils au préalable un plan complet du sous-sol?

A entendre M. Putzeys, les masses calcaires seraient partout littéralement parsemées de poches, d'excavations dans lesquelles s'engouffrent les eaux de ruissellement et les eaux des rivières (t. VIII, Pr.-Verb., p. 16); il en résulterait la contamination de toutes ou de presque toutes les eaux dites de source.

Or, dans la vallée du Bocq, depuis Sovet-Senenne jusqu'aux confins de Spontin, il n'est signalé que deux de ces excavations (aiguigeois).

M. Walin les cite dans sa réponse à M. Putzeys (t. VIII, Pr.-Verb., p. 101), et d'accord en cela avec MM. les ingénieurs français qui se sont tout particulièrement occupés des aiguigeois rencontrés dans les travaux de captation des sources de la Vigne et de Verneuil, il déclare le fait insignifiant, et du reste, facilement réparable. Il propose, comme nous le faisons aussi plus haut, le bétonnage et le détournement du ruisseau contaminateur. C'est un procédé simple, facile et pratique, mais M. Putzeys n'est pas de cet avis :

« Unetelle proposition, dit-il, dénote une connaissance fort imparfaite »
 » du régime des eaux dans les calcaires; abstraction faite du coût, le »
 » bétonnage des aiguigeois serait un travail de Pénélope sans cesse à »
 » refaire, car les entonnoirs mangent littéralement les terres; à peine »
 » l'un fermé, un autre se reforme » (t. VIII, Pr.-Verb., p. 19).

Il ne nous paraît pas utile de nous arrêter à de pareilles appréciations. Nous savons tous qu'un bétonnage bien fait répond parfaitement au but qu'il vise; les aiguigeois ne se forment que dans des circonstances exceptionnelles et tout à fait spéciales, leur rareté en fait foi; il est donc inexact de dire « à peine un entonnoir est-il fermé, qu'un autre se reforme ».

Les paysans remédient facilement aux aiguigeois quand ceux-ci menacent de leur causer un dommage quelconque.

Quelques gazons bien tassés suffisent généralement pour écarter tout danger, et faire disparaître, pour longtemps, les inconvénients que signale, en les exagérant, M. Putzeys.

Plus loin, M. Putzeys reculant enfin devant des affirmations trop excessives, veut bien admettre qu'il est des sources non polluées, mais il va nous apprendre qu'un rien peut les compromettre et que, conséquemment, il faut se méfier même des meilleures.

Une simple petite vallée sèche formée dans un massif même considérable, dit-il, peut compromettre les meilleures sources. Les unes comme les autres appellent le doute, et le plus souvent la certitude qu'elles doivent être rejetées pour l'alimentation des villes (t. VIII, Pr.-Verb., p. 15).

On le voit, nulle source, si réputée qu'elle soit, ne trouve grâce devant notre honorable contradicteur.

Et quand on lui dit que les eaux, qu'il signale comme devant forcément être contaminées, sont d'une *pureté absolue*, que l'analyse n'y révèle aucun vestige de matière nuisible, il répond :

C'est possible, mais il peut en être tout autrement du jour au lendemain ; il suffit d'une pluie extraordinaire, d'une fonte brusque des neiges pour démontrer que toutes les espérances qu'on estimait légitimes, se trouvent démenties par un fait anormal, mais rentrant dans les choses possibles (pp. 17 et 20). Et M. Putzeys se borne à cette pure affirmation.

Il importait de produire ici des faits, des preuves, des analyses faites après ces pluies extraordinaires et après ces fontes de neige ; il importait de produire *des résultats d'observations précises, nombreuses et indiscutables, et nous ne trouvons que de simples affirmations.*

* * *

Après avoir attaqué la qualité des eaux, M. Putzeys s'en prend à leur quantité.

Quand on aura éliminé les eaux qu'il déclare suspectes, que restera-t-il ? Rien ou presque rien.

M. Putzeys consacre quelques pages à cet objet, puis il passe à l'examen du captage.

Il faut, dit-il, capter les sources à l'émergence. Les galeries drainantes sont impossibles puisqu'il n'y a dans les calcaires devoniens et carbonifères que de larges crevasses que rencontreraient infailliblement sur leur parcours des galeries de quelque étendue (t. VIII, 1894, Pr.-Verb., p. 24).

On le voit, tout s'enchaîne ; la théorie des canaux souterrains entraîne son auteur aux conséquences les moins admises, mais il doit

les subir s'il veut rester logique dans son système, et d'accord avec lui-même.

M. Putzeys en arrive à devoir proposer le procédé du captage des sources à l'émergence, bien que ce système soit aujourd'hui rejeté par tous les hydrauliciens comme défectueux, insuffisant et dangereux.

La ville de Bruxelles, au temps de M. Carez, en a fait la triste expérience; elle a dû modifier presque toutes ses prises et les faire à grande profondeur. Celles qui n'ont pu être changées, sont, à l'heure actuelle, la plaie de la distribution bruxelloise.

Voici ce que dit, à ce propos, M. Verstraeten, ancien directeur du service des eaux :

« A l'origine, les prises d'eau étaient pratiquées à l'émergence. Par » les temps secs, le limon gras qui avoisine le lit de la rivière se ger- » çait, et à la moindre pluie, les ruissellements de la surface tom- » baient dans les fendillements, les emplissaient de leurs dépôts » infectés, altéraient profondément les sources et désorganisaient » leurs réseaux draineurs naturels, de telle sorte que la pollution per- » sistait même après la cessation complète des pluies.

» Le mal fut même aggravé par les visites de grenouilles, de taupes, » de rats qui, entraînés dans les branchements, et de là dans les » collecteurs, le grand aqueduc, le réservoir et les canalisations distri- » butrices, y pourrissaient ou venaient échouer dans les compteurs et » les tuyauteries particulières, pour y déterminer souvent une fétidité » intolérable.

» Je dus dépenser des centaines de mille francs pour corriger ces » vices, et la réfection fut en majeure partie obtenue par la substitu- » tion, à ces prises superficielles, de drains abaissés et poussés aussi » profondément qu'il fut possible sous les versants de la vallée » (Conférence du 17 avril 1894 à la Société belge de géologie, t. VIII, 1894, Pr.-Verb., p. 160).

M. Putzeys s'étend ensuite longuement sur des descriptions de captages spéciaux à Chanxhe, à Comblain-au-Pont; il nous montre un cimetière qui, forcément, doit contaminer les eaux.

A Spontin, il y a aussi un cimetière dans la partie haute du village; si l'on captait, par exemple, la source dite du Curé, qui jaillit à quelques mètres de l'église, on risquerait de capter une source dangereuse, mais l'ingénieur habile évitera ce péril en plaçant sa galerie drainante en amont du cimetière.

Avec le système de captation à l'émergence, il faudrait nécessairement renoncer à capter cette abondante et remarquable source.

Donnons ici un exemple frappant non seulement de la possibilité,

mais encore de l'efficacité des galeries drainantes dans les calcaires. Pour sa distribution d'eau de Dinant, M. l'ingénieur François capte une source qui, jaugée de temps immémorial, donnait 1000 m³ par 24 heures; à quelques mètres du point d'émergence, il a établi 15 mètres de galerie drainante et de 1000 m³ le débit s'est élevé à 2500 m³.

M. Putzeys nous parle ensuite de *périmètre de protection*, nécessaire, dit-il, parce que dans les campagnes il y a, au voisinage des sources, des fosses à fumier, à purin, des puits perdus, etc. (t. VIII, Pr.-Verb., p. 31). Il reconnaît donc qu'il y a danger à capter à l'émergence et, dans ce cas, il devrait être partisan des prises à grande profondeur, mais il préfère proposer des périmètres de protection.

Quant aux galeries filtrantes, M. Putzeys les repousse parce que ces galeries peuvent passer à côté des canaux de dégorgeement souterrain des eaux et ne rien recueillir du tout; puis, parce que si ces galeries recueillent quelque chose, elles sont exposées à être envahies par toutes les eaux (p. 34).

Par les mauvaises comme par les bonnes.

Nous préconisons, nous, le système des galeries filtrantes, à grande profondeur, pour éviter la contamination de la surface, pour augmenter le débit, et s'il y a des bétouilles, des aiguigéois, etc., nous remédions à leurs inconvénients par le bétonnage, par la dérivation des cours d'eau qui s'engouffrent dans leurs orifices, et, au besoin, en rendant étanche toute la partie de la galerie filtrante qui se trouve à proximité de l'aiguigéois redouté.

M. Putzeys termine son travail en recommandant d'élever les prises d'eau au-dessus des points les plus hauts atteints par les inondations, afin d'éviter le danger de voir ces prises noyées en temps de crues (t. VIII, Pr.-Verb., pp. 40-41).

C'est là, nous semble-t-il, la condamnation, par lui-même, de son système de captation à l'émergence, puisque dans les vallées du Hoyoux et du Bocq, les points d'émergence *sont tous en dessous du niveau des grandes crues* (fig. III).

Lorsque M. Putzeys a annoncé sa communication, nous avons cru qu'il allait apporter de nombreux faits à l'appui de sa thèse; nous nous sommes rendu à son appel pour écouter une controverse qui toujours est utile lorsqu'elle renferme des arguments et des preuves; mais, nous devons le dire, le travail de M. Putzeys n'a laissé dans notre esprit que le doute et l'incertitude. L'honorable chef du service des eaux de la ville de Bruxelles s'est borné à reprendre une thèse émise par M. Dupont, et à l'exagérer encore dans ce qu'elle avait déjà d'excessif.

Nous croyons la théorie de la circulation par canaux à allures capri-

cieuses, sans réservoir souterrain régulateur, bien et définitivement condamnée.

Le travail de M. Putzeys aurait dû être bourré de faits ; il aurait dû nous confondre par sa précision, par sa science certaine, par des démonstrations irréfutables ; il aurait dû, puisqu'il prétendait reprendre, compléter et améliorer la démonstration de M. Dupont, être absolument concluant ; or, nous ne trouvons dans son travail que des affirmations dénuées de preuves.

On reste profondément surpris, quand on entend M. Putzeys opposer aux eaux de roche, les eaux de la Meuse, et les déclarer préférables à toutes, du moment où elles ont passé à travers un filtre composé d'une couche de sable de 60 centimètres d'épaisseur.

Personne, croyons-nous, ne suivra M. Putzeys dans cette voie.

Nous terminerons cette communication en faisant des vœux pour que la question si intéressante de la circulation des eaux dans les calcaires reçoive enfin une solution qui satisfasse et mette tout le monde d'accord.

SUR LA FORMATION DES GROTTES ET DES VALLÉES SOUTERRAINES

PAR

A. Flamache,

Ingénieur en chef des Chemins de fer de l'État Belge

Dans l'exposé qui va suivre, je vais être obligé de mettre en doute le bien fondé d'une théorie dont l'auteur est un membre éminent de notre Société, et cette nécessité m'est particulièrement désagréable quand je pense que je dois le peu de géologie que je possède, à son savoir, à sa complaisance inépuisable, à la véritable affection qu'il porte à tous ceux que tente l'étude des phénomènes naturels. Mais je me console un peu en pensant que lui-même serait mécontent si l'on ne mettait pas dans la recherche de la vérité la même ardeur qu'il y apporte : l'homme a si peu de moyens de découvrir les secrets de la nature qu'il n'y a rien d'humiliant à se tromper en cherchant à les découvrir !

Lors de l'excursion que nous fîmes, il y a deux ans, dans la région Han-Rochefort, je partis avec la conviction profonde que la théorie de M. Dupont sur la formation des cavernes, théorie défendue par son auteur avec le talent et l'autorité que nous lui connaissons ; que cette théorie, dis-je, représentait la vérité entière et sans conteste. Mais au fur et à mesure que j'essayais de la contrôler par des observations personnelles, la doctrine qui m'avait paru tout d'abord si lumineuse, se hérissa de difficultés. L'action chimique de l'eau acidule filtrante, qui dans cette théorie joue un rôle prépondérant, me sembla incapable de donner lieu aux phénomènes observés, et quelques objections formulées à la hâte, le premier soir de l'excursion, parurent

frapper plusieurs membres, qui m'engagèrent à continuer cette étude. A la suite de mes observations, M. Van den Broeck présenta des vues qui différaient notablement déjà de celles de M. Dupont, auxquelles je me ralliai dans le moment, mais à tort car, je le montrerai plus tard, les deux doctrines, celle purement chimique de M. Dupont, celle chimico-mécanique de M. Van den Broeck sont soumises à la même objection : le peu de profondeur à laquelle parvient l'action chimique de l'eau acidule.

Il ne sera pas inutile de rappeler en quelques mots la séduisante théorie que défend M. Dupont : d'après lui, certains massifs calcaires criblés de fissures, de failles, de diaclases, laissent pénétrer dans leurs profondeurs les eaux pluviales tombées à la surface. Ces eaux, remplissant des fissures dont les parois sont calcaires et encombrées de fragments calcaires, se chargent de bicarbonate de chaux à la faveur de l'acide carbonique qu'elles renferment.

Mais le calcaire enlevé aux parois laisse un vide et par suite, partout où les circonstances étaient favorables, il s'est formé des cavités de grandeurs très variables, depuis la grosseur d'une tête d'épingle jusqu'aux dimensions de la salle du Dôme de la grotte de Han, salle qui mesure plus de cent mètres.

Ces cavités étaient parfois reliées par des couloirs formant ainsi un lacs de vides minant partout le rocher aussi parfaitement que si la main de l'homme y avait passé.

Dans le creusement des vallées par érosion, il arriva que certaines de ces cavités furent ouvertes à l'air extérieur, se vidèrent et formèrent des grottes accessibles percées au flanc des vallées. D'autres fois le lacs de cavités fut ouvert par l'érosion au niveau de la rivière; celle-ci se précipitait dans la cavité, coulait souterrainement et venait rejoindre la rivière en aval, comme la Lesse, à Han. Enfin, le plafond de ces cavités s'effondrant parfois, il se forma sur le plateau des ouvertures donnant accès à l'intérieur, ouvertures qui devenaient l'origine de bétouilles ou aiguilleuses, sortes de déversoirs des plateaux vers le bas.

Aussitôt que la cavité put se vider, les eaux chargées de bicarbonate de chaux qui la traversaient en suintant, laissèrent échapper leur gaz carbonique et le phénomène stalactitique commença, formant les merveilles pétrifications qu'on admire dans les grottes accessibles.

Pour M. Dupont donc, la formation des cavités dans le calcaire est due exclusivement aux eaux *filtrantes* à travers les fissures et l'eau courante — rivière ou coulée d'aiguilleuses — n'a fait que profiter d'un canal tout préparé. La grotte est préexistante à l'entrée de la rivière. M. Van den Broeck estime que le phénomène a commencé exactement

comme le décrit M. Dupont, mais quand la rivière pénétra dans la cavité elle en modifia plus ou moins la forme, absolument comme elle l'eût fait à l'air libre. Cette théorie, plus élastique que celle de M. Dupont, peut mieux se défendre contre les improbabilités de fait, mais au fond les deux ensembles de vues sont identiques : il n'y a entre eux qu'une question de départage ; si l'on admet avec M. Van den Broeck que l'eau acidule peut former de petites cavités dans les profondeurs, elle peut en créer de grandes, et d'un autre côté, je ne pense pas que M. Dupont nie l'action de la rivière sur son lit souterrain.

Dans la petite étude qui va suivre il y a deux parties bien distinctes : une *partie critique* que je pense être inattaquable et qui, si elle est vraie, détruit toute possibilité de réalité aux théories de MM. Dupont et Van den Broeck ; et une *partie théorique* où j'essaie de substituer une autre théorie à celles que je considère comme impossibles. Cette dernière partie est sujette à beaucoup d'objections ; je ne me le dissimule pas. Je prie donc mes contradicteurs, si j'ai l'honneur d'en avoir, de vouloir bien traiter à part les deux choses qui leur sont soumises : il serait trop facile d'atteindre le critique dans le théoricien. Répondre à mes critiques, attaquer mes vues personnelles sont donc deux points de vues bien distincts. Je demande formellement qu'on ne les mêle pas.

J'aborde donc le premier point : la critique de la théorie qui attribue la formation des cavités dans le calcaire à l'acide carbonique des *eaux filtrantes*, donc à l'action chimique seule, la lenteur de la circulation excluant tout phénomène mécanique.

L'action chimique des eaux acidules filtrantes a été mise à profit pour expliquer avec succès plusieurs phénomènes géologiques, mais, toujours, quand une nouvelle action méconnue a été découverte on la met à toute sauce.

Toute disparition de calcaire pouvant être mise sur le compte de l'action chimique, celle-ci, combinée avec le temps, devient une sorte d'axiome que l'on oppose à toute objection. L'observateur superficiel ne se demande même pas si elle est possible dans les conditions où il se place ; il lui suffit d'une simplicité apparente, qui bien rarement se rencontre dans la nature.

C'est ainsi que plusieurs théories géologiques, séduisantes et simples, ont croulé devant les faits, et c'est aussi, je pense, le cas de la théorie du creusement des cavernes par l'action chimique de l'eau filtrante.

Cette action, comme j'espère le démontrer dans ce qui va suivre, est tout à fait superficielle et je crois pouvoir fixer de 2 à 3 mètres

seulement le parcours limite qu'elle est capable d'atteindre en profondeur (1).

Voici quelques faits qui appuient cette manière de voir :

1° Certains plafonds de cavernes, notamment dans la grande salle de la grotte de Han, sont à quelques mètres au-dessous de la surface du sol. Les fissures qui donnent de l'eau sont garnies de stalactites. L'eau arrive donc fortement chargée de bicarbonate de chaux.

2° Dans les carrières de pierres calcaires, le remplissage des grands limés blancs, produit par la suée de la pierre, se remarque à quelques mètres de la surface du sol. Or, ce dépôt calcaire ne pourrait se produire si l'eau qui parcourt les fissures au moment de leur remplissage était chargée d'acide carbonique libre.

3° Dans les bancs de calcaire magnésien, partiellement dolomités, la transformation de la masse en dolomie s'observe sur une épaisseur de quelques mètres. En admettant avec M. Dupont que ce métamorphisme fût produit par l'ablation chimique de l'excès de calcaire, celui-ci serait donc enlevé sur 2 ou 3 mètres au plus par les eaux acidules filtrantes qui ont parcouru la masse de dolomie supérieure sans abandonner leur acide carbonique libre.

4° Dans trois aiguigeois de petite dimension observés par moi — dont un au moins sera encore présent à la mémoire des excursionnistes ayant assisté à notre course d'août dernier à Rochefort, parce que M. Dupont le leur a représenté comme le type de l'aiguigeois, véritable préparation de laboratoire — la coupe en long, effectuée par l'exploitation d'une des carrières visitées, donnait lieu à un canal sinueux, mais de section parfaitement constante.

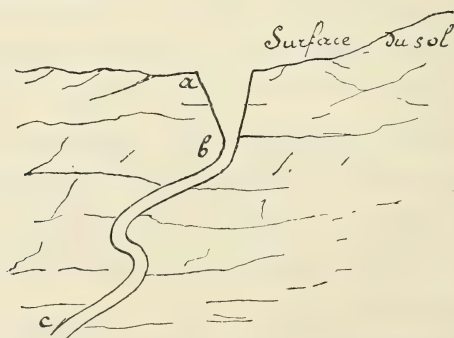


FIG. I. Coupe d'un aiguigeois de plateau, montrant l'entonnoir creusé par l'action chimique.

(1) Il est évident qu'il s'agit toujours d'eaux *filtrantes*. L'action de l'eau courante *superficielle*, par rapport à ses canaux, peut s'exercer à de grandes profondeurs sous le sol. Il en est de même si le terrain filtrant n'est pas calcaire.

Vers l'orifice (voir fig. 1) on remarquait une partie évasée depuis *a* jusque *b* dont la formation pouvait être due à l'action chimique sur les parois. Arrivées en *b* les eaux étaient saturées. Et, en effet, s'il n'en avait pas été ainsi et si le canal *a*, *b*, *c* était dû tout entier à une action chimique, celle-ci aurait décu depuis *a* jusque *c*, et par suite, la section du canal aurait été plus petite en *c* qu'en *b*.

Si donc l'action chimique a participé au creusement du canal *a*, *b*, *c*, elle n'y a contribué que pendant un parcours de 2 à 3 mètres.

Cette uniformité se retrouve, modifiée naturellement par des accidents locaux, dans la plupart des conduits de grottes ou cavernes. Il n'y a jamais décroissance régulière de section de la surface aux profondeurs.

5° C'est un fait bien connu des hydrologues que les eaux recueillies en terrain calcaireux atteignent leur degré hygrométrique maximum aussitôt qu'on les prélève à quelques mètres au-dessous de la surface.

6° M. Dupont lui-même n'a-t-il pas, dans un récent travail, rappelé le fait des chandelles de calcaire qui se produisent sous les voûtes aux dépens du mortier? Or, ces voûtes n'ont que quelques décimètres d'épaisseur.

Ces faits naturels, que l'on pourrait multiplier, montrent que l'action dissolvante de l'eau filtrante chargée d'acide carbonique, n'atteint pas les parties profondes des massifs calcaireux et qu'elle est saturée de calcaire dès les premiers mètres de son parcours.

D'ailleurs, le phénomène n'est pas inaccessible à l'expérimentation directe, et, à ma demande, notre savant collègue, M. l'abbé Renard, professeur de géologie à l'université de Gand, a bien voulu exécuter l'expérience suivante dans son laboratoire : avec quatre planchettes on forme un tube carré de 0^m,10 de côté et de 2 mètres de hauteur. Ce tube est rempli de fragments calcaires et de sable de façon à figurer le mieux possible une fissure en roche calcaireuse.

Un flacon supérieur A rempli d'eau maintenue saturée d'acide carbonique par un courant de gaz, laisse tomber à la surface du tube une goutte de dissolution toutes les secondes. Cette eau est recueillie dans un flacon inférieur B, après avoir filtrée à travers le tube vertical. Jamais, m'affirme M. l'abbé Renard, on n'a trouvé d'acide carbonique libre dans l'eau recueillie.

Une goutte d'eau mettait environ cinq jours pour passer du flacon A dans le flacon B, et ce trajet avait suffi pour la débarrasser de son gaz carbonique.

Or, une goutte par seconde sur une surface de 100 cm², représente un débit de plus de 4000 mètres cubes par hectare et par jour. On peut

donc affirmer que le courant d'eau filtrant dans l'appareil ci-dessus, était plus rapide que dans le phénomène naturel. D'autre part, l'eau était saturée d'acide carbonique, c'est-à-dire contenait plus de 1 gramme par litre, ou vingt fois autant que l'eau de pluie.

L'expérience a été ensuite tentée en diminuant beaucoup le débit et la saturation de l'eau, mais, comme il fallait s'y attendre, le résultat a été aussi négatif que dans l'expérience primitive.

Il me semble résulter clairement de ce qui précède que l'eau filtrant capillairement à travers les fissures où elle se trouve en contact avec du calcaire, a, au bout de quelques mètres de parcours, atteint un degré de saturation calcaire qui lui interdit toute dissolution subséquente. Elle atteint donc les profondeurs sans aucune faculté dissolvante spéciale et incapable de créer la moindre cavité. Bien au contraire, elle possède une faculté obstruante remarquable, bouchant des fissures, formant des amas, incrustant aussitôt qu'elle peut perdre une partie de l'acide carbonique combiné qu'elle renferme.

L'action chimique des eaux filtrantes a donc pour effet d'attaquer les parties superficielles des plateaux calcaires et de combler les vides inférieurs avec le carbonate de chaux dissous. Grâce à elle le calcaire joue le rôle d'un *terrain meuble chimiquement*, plus meuble peut-être que le sable et l'argile, car ceux-ci ne pourraient pénétrer dans bien des fissures où le calcaire dissous pénètre et se dépose.

Les constatations précédentes suffiraient pour mettre à néant toute théorie basée sur l'action chimique profonde des eaux filtrantes. Mais il y a d'autres faits tirés de la morphologie des cavernes qui viennent corroborer ces constatations.

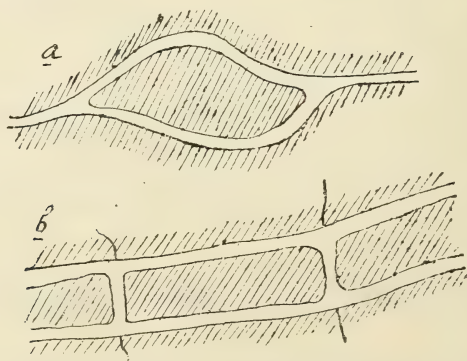


FIG. II. Exemples de dédoublement et de communications latérales dans les couloirs souterrains.

Considérons par exemple le plan de la grotte de Han. Nous y voyons un réseau de galeries présentant des élargissements caverneux, mais toutes débouchent par un parcours plus ou moins sinueux et par leurs deux bouts vers la rivière ou vers le plateau. A part quelques couloirs de très petite longueur, aucun n'est un cul de sac. L'ensemble de ces galeries représente assez bien un lacis artériel divergent depuis les ouvertures d'amont pour converger ensuite vers les ouvertures d'aval. Nous y observons des dédoublements (fig. II *a*), des communications latérales entre deux galeries voisines (fig. II *b*), mais pas de galeries développées et se terminant dans le plein de la roche.

Or, supposons qu'une grotte ramifiée se soit créée par filtration corrosive comme l'expose M. Dupont, et supposons que deux ouvertures, A et B (fig. III), l'une à l'amont l'autre à l'aval se soient ouvertes lors de

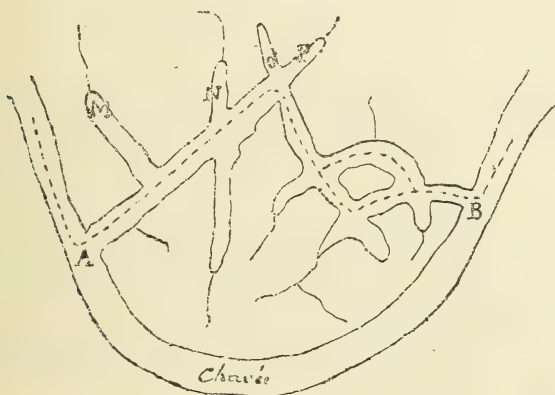


FIG. III. Forme que devraient avoir les grottes si l'action chimique existait seule. Les dimensions des couloirs où circule la rivière ne sont pas plus grandes que les dimensions de ceux qu'elle n'atteint pas.

l'érosion de la vallée ; la rivière s'y engouffre et suit le parcours pointillé, mais elle laisse à droite et à gauche des culs de sacs qui resteront tels si le creusement de la grotte a pris fin par sa vidange.

La figure III représente donc le facies de la cavité dans l'hypothèse d'une combinaison d'agrandissement de fissures préalable à tout courant d'eau. Ces fissures, agrandies par l'action chimique, se prolongeraient l'une à travers l'autre, la rivière choisirait à travers l'un ou l'autre chemin, mais les galeries M, N, O, P, etc., resteraient comme témoins de l'action filtrante.

Si les vues de M. Van den Broeck étaient exactes, le lit de la rivière

souterraine serait le même que précédemment, mais il existerait à droite et à gauche des amorces de galeries, plus étroites il est vrai, mais bien distinctes des fissures (fig. IV).

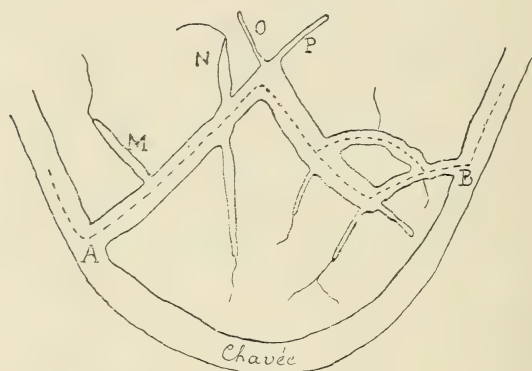


FIG. IV. Forme que devraient avoir les grottes si l'action chimique avait été préalable mais non prépondérante. Les couloirs où circule la rivière se prolongent par des couloirs plus petits.

C'est ce qui n'a pas lieu.

A l'examen sur place nous retrouvons bien les diaclases, les failles directrices, les fissures qui ont donné la direction aux galeries, mais elles sont restées jointives, à peine visibles, et si elles donnent parfois de l'eau, celle-ci est incrustante.

On peut donc conclure que la rivière a été le facteur unique du creusement de son lit, et dans cette hypothèse le facies de la caverne est représenté par la figure V.

Et c'est en effet ce que l'on observe, et il en résulte cet axiome que *toute caverne est ou a été le lit d'une rivière souterraine*.

A cette affirmation quelque peu hardie, je le reconnais, on peut opposer l'exemple de cavernes perchées au flanc des collines, cavernes qui ne donnent pas d'eau... ou plutôt qui n'en donnent plus.

Ces cavernes à mi-côte — comme le trou des Nutons par exemple, qui semble le type caractéristique de la cavité creusée de la façon indiquée par M. Dupont — ces cavernes, dis-je, possèdent des couches épaisses d'argile rouge très fine provenant du reliquat de la décomposition du calcaire, qui en contient moins de 5 %.

Cette argile se rencontre abondamment sur les plateaux, d'où elle provient à l'évidence de la dissolution du calcaire superficiel par les eaux acidules.

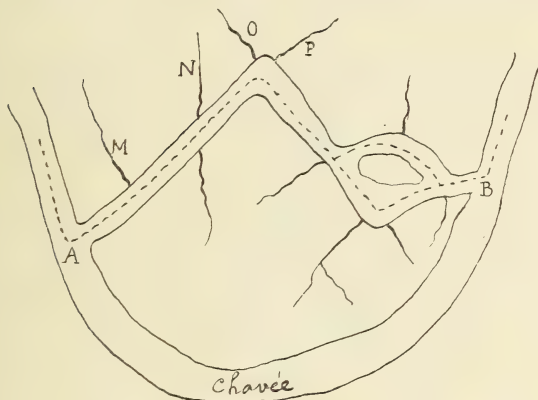


FIG. V. Forme affectée par les cavernes. Les couloirs où circule la rivière ne sont prolongés que par des fissures sans largeur notable.

D'après la théorie de M. Dupont, l'argile rouge rencontrée dans une de ces cavernes ne peut provenir que du résidu de la seule masse calcaire de cette caverne, car le mode d'amenée de l'eau exclut tout apport non dissous. Or, en admettant que cette argile ait la densité du calcaire, ce qui n'est pas loin de la vérité, chaque mètre de hauteur du dépôt argileux représente la dissolution de 20 mètres au moins de calcaire. Le trou des Nutons contient cinq ou six mètres d'épaisseur d'argile. On ne peut donc prétendre que le trou des Nutons ait fourni seul ce résidu. Dès lors il y a apport, ce qui exclut la filtration des eaux.

En résumé trois objections sérieuses peuvent être produites contre la théorie qui avance que les cavités observées dans le calcaire ont été fournies par de l'eau acidule filtrante :

1° L'action chimique de l'eau acidule filtrante ne s'étend qu'à de faibles profondeurs.

2° Si la caverne était préexistante il devrait y avoir des culs de sac dans les galeries. Au lieu d'être la rare exception, ce devrait être la règle.

3° L'argile de dissolution trouvée dans les cavernes ne peut provenir exclusivement de leur masse. Elle a été apportée par des courants.

Ici se termine la partie critique de mon travail. En la présentant je n'ai qu'un but : faire jaillir la vérité, et je serai le premier heureux si la théorie de M. Dupont, si séduisante, si compacte dans ses détails,

sortait victorieuse de l'épreuve à laquelle j'ai la prétention de la soumettre.

J'aborde maintenant le second point de ma communication : l'exposé d'une théorie, peut-être hasardée, pour expliquer sans intervention nécessaire de l'action chimique profonde des eaux filtrantes, la formation de cavités dans les roches.

Loin de moi la pensée de nier l'importance de cette action, principalement dans les calcaires, mais je la crois superficielle. Cependant si, d'après moi, son action n'est pas indispensable, je ne me dissimule pas qu'une grosse objection m'attend. Aussitôt, dira-t-on, que vous abandonnez l'action chimique comme facteur principal, comment expliquez-vous que les grottes ne se rencontrent que dans les terrains calcaires. A cela je réponds que je n'en sais rien. Il est fort difficile de réfuter une objection négative et je pourrais répondre par une objection du même genre en disant : si l'action chimique de l'eau acidule filtrante sur le calcaire est le seul facteur du phénomène comment expliquez-vous que la *moindre* fissure dans *tout* calcaire ne devienne pas le siège d'une cavité.

La théorie qui va suivre expose un mode de formation de cavités dans les roches fissurées par l'action érosive, QUELLE QU'ELLE SOIT, de l'eau *courante*. Certains phénomènes me font croire que la prépondérance appartient à la partie mécanique de cette érosion, mais je n'aurais aucune répugnance à la lui retirer pour la donner à la partie chimique, ce qui leverait immédiatement l'objection capitale ci-dessus. Je ne m'occuperai pas de ce départageant, parce que je manque de faits précis à cet égard. D'ailleurs l'érosion mécanique souterraine n'a rien d'impossible *à priori*. Ne voyons-nous pas, en effet, des vallées profondes creusées par érosion à travers des roches non calcaires. Ici l'action chimique est inopérante, et en fait on ne l'a jamais considérée que comme un facteur négligeable. Je ne pense donc pas poser une proposition absurde en disant :

Le creusement des vallées souterraines a lieu par les mêmes causes et suivant les mêmes lois que celui des vallées à l'air libre.

Pour que cette proposition soit justifiée il faut montrer que des écoulements souterrains peuvent se produire.

On sait que si deux points d'un liquide réunis par une conduite sont à des pressions différentes, un écoulement se produira à travers cette conduite, quelle qu'en soit la résistance. Si donc ces conditions se rencontrent dans la nature, un courant d'eau se produira souterrainement. Examinons certains cas de la région Han-Rochefort.

Coupure souterraine.

Soit un lacet de rivière ABC (fig. VI) produit par l'interposition d'un

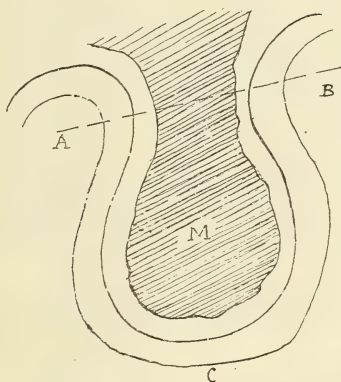


Fig. VI. Plan d'une communication souterraine entre deux points d'une même rivière.

massif fissuré M. Faisons une coupe suivant AB et marquons sur les fissures tous les chemins possibles pour se rendre de A en B sans dépasser le niveau N (1) d'amont (fig. VII). Dans cet ensemble les pressions vont s'établir de telle sorte que dans *tous* les chemins il y aura un courant d'eau. Le courant, d'abord faible, va nettoyer la fissure dans laquelle il circule, en enlevant les parties terreuses en premier lieu vers l'aval, gagnant l'amont et ayant bientôt un conduit net, sur les parois duquel il opère peu à peu, absolument comme à l'air libre. Le conduit s'agrandit, le courant s'accroît, l'érosion augmente et il se produit de A en B une vallée souterraine dont le mode de creusement ne diffère pas de celui de la vallée à l'air libre.

Parfois même par suite de sa position, la vallée souterraine absorbe toute la rivière en temps de sécheresse, laissant la chavée à sec. N'est-il pas facile de reconnaître en *a* et en *b*, fig. VII, les dédoublements et les communications latérales de la figure II, observés dans la grotte de Han?

Ce mode de creusement n'explique que la formation des cavités au-dessous du niveau d'amont actuel, mais il peut y en avoir au-dessus créées par des causes différentes ou disparues, écroulements de plafonds, creusement par des aiguigéois de plateau, creusement à une époque antérieure alors que la vallée était moins profonde.

(1) Nous faisons abstraction de l'eau tombant sur le massif M, sinon l'horizontale de niveau devrait être remplacée par une courbe bombée vers le haut.



FIG. VII. Coupe de la communication souterraine précédente.

Aiguigeois de plateau.

Les eaux de ruissellement des plateaux ont donné lieu à des canaux verticaux qui peuvent rejoindre la rivière en débouchant à ciel ouvert ou qui peuvent se rendre dans une partie souterraine du cours d'eau.

Si en *m* se trouve un point bas pourvu d'une fissure, fig. VIII, un écoulement se produit et les mêmes phénomènes se répètent.



FIG. VIII. Formation d'un aiguigeois de plateau.

Aiguigeois de chavée. Ils se produisent quand entre un point d'amont et un point d'aval du lit d'une rivière, il existe des fissures communicantes (fig. IX).



FIG. IX. Formation d'un aiguigeois de chavée.

L'eau passant par *abcde* se fraie un passage d'abord lent, puis plus rapide, il peut même arriver que toute la rivière en temps sec s'engouffre dans la fissure agrandie.

On voit que la théorie que je viens d'esquisser rend compte des principaux cas rencontrés dans la nature. Elle peut être soumise à un criterium infaillible. En effet, pour elle une caverne est un élargissement d'une vallée souterraine causée par un courant d'eau. Dès lors toute caverne doit posséder un conduit d'amenée et un conduit de sortie. Si une exploitation de carrière amenait au jour une cavité absolument close, sauf les fissures par lesquelles ne peuvent suinter que des gouttes, la fausseté de ma théorie serait démontrée.



SUR LE MODE DE FORMATION

DES

GROTTES ET DES VALLÉES SOUTERRAINES

RÉPONSE

A LA NOTE CRITIQUE DE M. A. FLAMACHE

PAR

E. Van den Broeck

Conservateur au Musée Royal d'Histoire naturelle de Belgique, à Bruxelles.

Dans la communication qu'il a présentée à la Société, en sa séance du 16 avril dernier, sous le titre : *Sur la formation des grottes et des vallées souterraines*, notre collègue et ami, M. A. Flamache, a exposé les objections que lui a suggéré l'examen critique de ce qu'il appelle la **théorie chimique** de M. E. Dupont et la **théorie chimico-mécanique** de M. E. Van den Broeck, d'après lesquelles ces deux collègues expliqueraient, suivant des vues qui leur seraient absolument personnelles, la formation des grottes et des vallées souterraines. C'est surtout à l'**action chimique** qu'il s'en prend, car il termine et résume la partie critique de son travail en disant :

« En résumé trois objections sérieuses peuvent être produites contre la théorie qui avance que les cavités observées dans le calcaire ont été fournies par de l'eau acidule filtrante :

» 1° L'action chimique de l'eau acidule filtrante ne s'étend qu'à de faibles profondeurs ;

» 2° Si la caverne était préexistante il devrait y avoir des culs de sac dans les galeries. Au lieu d'être la rare exception, ce devrait être la règle.

» 3° L'argile de dissolution trouvée dans les cavernes ne peut provenir exclusivement de leur masse. Elle a été apportée par des courants. »

280

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

NEUVIÈME ANNÉE

TOME IX

FASCICULE IV (et dernier)

PROCÈS-VERBAUX : feuilles 10, 11, 12, 13 et 14 (6 pages).

MÉMOIRES : feuilles 24, 25, 26, 27, 28, 29 et 30.

TABLES : feuilles 1 et 2, TITRE et COUVERTURE du t. IX.

1895

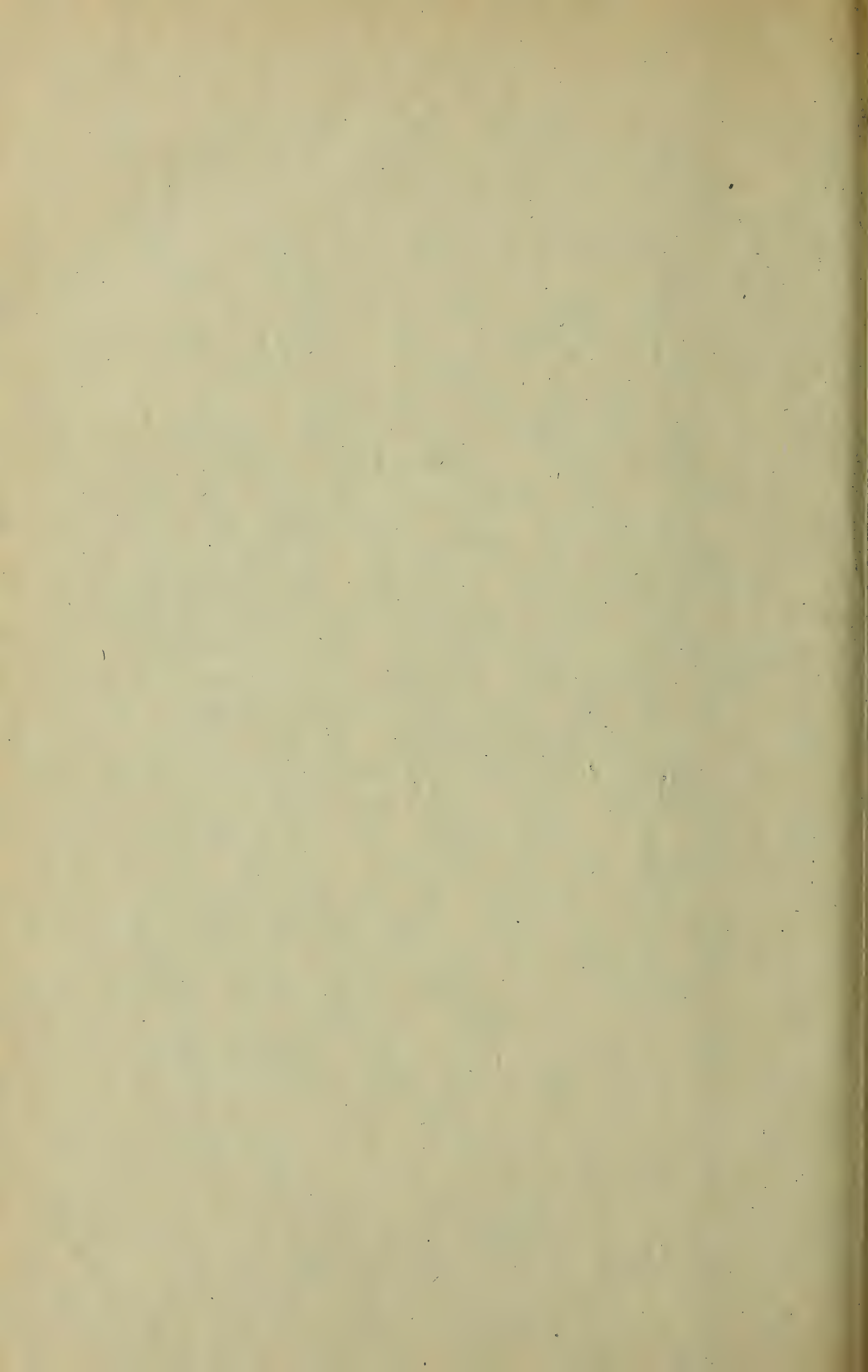
BRUXELLES

POLLEUNIS ET CEUTERICK, IMPRIMEURS

37, RUE DES URSULINES, 37

Janvier 1897

27 FEB. 97
II



Mes études antérieures sur les phénomènes d'altération et de dissolution des roches diverses de l'écorce terrestre par l'action chimique des eaux d'infiltration (1), ne me permettent pas de laisser sans examen contradictoire l'étude de M. Flamache. Je serai toutefois assez bref, car je pense que minime sera le nombre des géologues et des observateurs auxquels M. Flamache aura réussi à faire partager ses vues sur la localisation toute superficielle de l'action chimique dissolvante des eaux météoriques et sur le rôle, pour ainsi dire nul, qu'il leur accorde dans la formation plus profonde des grottes et des cavités souterraines. J'hésite d'autant moins à prendre la parole dans cet intéressant débat que j'espère pouvoir montrer à mon excellent confrère et ami qu'il n'a tort que par suite d'un véritable *malentendu*, basé sur la définition diversement comprise de l'expression « eaux d'infiltrations » et parce que les *conditions matérielles* de son dispositif expérimental sont tout autres que ce qui se passe dans la nature.

Écartons tout d'abord cette idée fausse de M. Flamache qu'il croit combattre une théorie chimique appartenant à M. E. Dupont et une théorie physico-chimique appartenant à M. Van den Broeck. L'erreur initiale de M. Flamache lui apparaîtrait à la simple lecture de la plupart des traités de géologie, d'hydrologie et des ouvrages traitant des cavernes et de la circulation souterraine des eaux. Il verrait que certains observateurs, comme M. Martel, ayant constaté, dans de nombreux cas, des érosions mécaniques — comme cela se remarque dans les rivières souterraines de certaines régions de la France, notamment dans les Causses — défendent un rôle parfois prépondérant pour l'*action mécanique*, sans toutefois nier aucunement l'action chimique. D'autres défendent — avec moins d'esprit systématique et exclusif que M. Dupont, il est vrai — l'intensité de l'*action chimique*; mais nombreux sont ceux qui, comme moi, reconnaissent que les deux facteurs entrent — ou sont entrés — en jeu, ici simultanément, mais avec des intensités variables; là isolément ou successivement; mais avec cette restriction que, considérée d'une manière générale, c'est l'*action chimique* qui a l'absolue prépondérance.

C'est donc à l'état actuel et synthétique de nos connaissances sur la formation des grottes et des cavernes que M. Flamache oppose ses vues personnelles, et non à ce que M. Dupont ou moi pensons de cette question.

(1) *Mémoire sur les phénomènes d'altération des dépôts superficiels, par l'influence des eaux météoriques, étudiés dans leurs rapports avec la géologie stratigraphique*, par ERNEST VAN DEN BROECK. — Mém. cour. et Mém. d. sav. étrang. de l'Acad. r. des sciences de Belgique, t. XLIV, 1880, 180 p., 1 pl., 32 fig. texté.

M. Flamache divise son étude en une *partie critique*, qu'il croit INATTAQUABLE, et en une *partie théorique*, qu'il reconnaît être sujette à objection, et il demande que toute controverse qui pourrait être soulevée au sujet de son travail veuille bien traiter à part les deux parties distinctes de son étude. Il en sera fait ainsi.

Examen de la partie critique du travail de M. Flamache.

M. Flamache conteste à l'action chimique des *eaux filtrantes* — dont la lenteur de circulation exclut tout phénomène mécanique connexe — le rôle qui lui attribue la formation, au moins initiale, des grottes et cavités du calcaire. Quels sont les faits qu'il oppose à cette thèse?

Il annonce qu'une telle action est tout à fait SUPERFICIELLE et il croit pouvoir fixer à *deux ou trois mètres seulement* le parcours limité que les *eaux filtrantes* sont capables de faire en profondeur, armées de leur pouvoir dissolvant !

Réfutation sommaire des six ordres de faits avancés comme arguments par M. Flamache.

Six ordres de faits sont énumérés par lui en faveur de sa thèse :

« 1° Certains plafonds de cavernes, notamment dans la grande salle de la grotte de Han, sont à quelques mètres au-dessous de la surface du sol. Les fissures qui donnent de l'eau sont garnies de stalactites. L'eau arrive donc fortement chargée de bicarbonate de chaux. »

Voici donc nettement reconnu par M. Flamache *le principe initial* de la dissolution chimique du calcaire par l'acide carbonique des eaux pluviales. Or cette dissolution qui, comme résidu, donne lieu à la formation des concrétionnements calcaires appelés stalactites, ne peut se faire que corrélativement à l'élargissement des fissures par où l'eau s'est frayée un passage. Il y a donc formation chimique de cavité ou de vide tout au moins, là où il y avait primitivement du calcaire. Le *principe* du processus que combat M. Flamache se trouve donc nettement reconnu exact par lui-même. Quant à ce qui concerne la formation de la grotte de Han, d'où M. Flamache tire son premier argument, qui donc a jamais pu songer à l'attribuer aux quelques gouttes d'eau, chargées en effet de bicarbonate de chaux, qui suintent ctuellement de la voûte ! Il serait puéril d'insister sur ce point.

« 2° Dans les carrières de pierres calcaires, le remplissage des grands limés blancs, produits par la suée de la pierre, se remarque à quelques mètres de la surface du sol. Or, ce dépôt calcaire ne pourrait se produire si l'eau qui parcourt les fissures au moment de leur remplissage était chargée d'acide carbonique libre. »

Je suis bien fâché de devoir le faire remarquer à mon excellent ami M. Flamache, mais il commet ici une véritable *hérésie scientifique* en confondant les limés blancs cristallisés et spathiques de nos dépôts calcaires avec les concrétionnements dus aux actions post-tertiaires (en ce sens qu'elles sont surtout quaternaires et modernes) ayant amené la formation des cavernes du calcaire. Ces limés blancs, dont le processus générateur est bien différent, et dont l'âge a souvent devancé celui des grandes actions de plissement et de dérangement orogénique de nos terrains primaires, n'ont *absolument rien à voir* avec le sujet qui nous occupe. Ils s'observent, non seulement à quelques mètres de la surface du sol, mais encore dans les plus grandes profondeurs de calcaires, atteintes par l'investigation humaine. Dans les régions faillées et bouleversées de nos roches calcaires, on voit nettement les limés en question interrompus, coupés et rejetés, au même titre que les strates elles-mêmes, par les failles et cassures orogéniques ayant, après la fin du Primaire, affecté les massifs calcaires. Ce fait montre la haute antiquité des *limés* et leur absolue différence d'âge et de mode de formation, d'avec les stalagtites, stalagmites et concrétionnements calcaires, corrélatifs à la formation, toute récente relativement, des grottes et des cavités du calcaire. L'argument de M. Flamache n'a donc aucune portée réelle.

« 3° Dans les bancs de calcaire magnésien, partiellement dolomitisés, la transformation de la masse en dolomie s'observe sur une épaisseur de quelques mètres. En admettant avec M. Dupont que ce métamorphisme fût produit par l'ablation chimique de l'excès de calcaire, celui-ci serait donc enlevé sur 2 ou 3 mètres *au plus* par les eaux acidules filtrantes qui ont parcouru la masse de dolomie supérieure sans abandonner leur acide carbonique libre. »

Ici encore l'argument présenté par M. Flamache pêche par la base. Certes on peut observer, dans certains cas, l'action de dolomitisation du calcaire localisé dans 2 ou 3 mètres. Mais on peut aussi l'observer sur des épaisseurs considérables. Ainsi, sans quitter les calcaires belges, M. Flamache pourrait observer fréquemment des épaisseurs de 50, 100 et 200 mètres de calcaires dolomitiques. Je soupçonne fort que c'est en

se basant uniquement sur les quelques mètres de calcaire dolomitique caverneux qu'il a vu avec nous à Namur, sous la conduite de M. Dupont, que M. Flamache a basé tout son argument. Dans le Trias du Tyrol, dans le pays de Salzbourg, il y a des massifs de calcaire dolomitique, connus sous le nom de Dolomie principale, ou de Grande Dolomie (*Hauptdolomit*) massifs qui sont puissants de 500 à 1000 mètres. Si notre séance se tenait à Salzbourg, après une excursion dans ces merveilleuses montagnes de marbre dolomitisé du Tyrol, M. Flamache aurait été forcé de nous déclarer alors que l'eau pluviale opère ses effets chimiques à *un kilomètre* de profondeur. Nous ne lui en demandons pas tant!

Quant aux causes qui permettraient ou empêcheraient, à partir d'une certaine profondeur, la continuation du processus chimique qui, d'après les idées acceptées par M. Flamache, aurait produit la dolomitisation des calcaires, elles ne dépendent pas uniquement, comme il paraît le croire, de la profondeur à laquelle, dans cette hypothèse, l'eau filtrante peut atteindre — ou a pu naguère atteindre — munie de ses pouvoirs chimiques, mais de *nombreux facteurs*, dont les plus importants seraient alors les variations ou alternances d'origine ou d'état de la *composition originnaire* de la roche, les causes d'écoulement rapide de l'eau, par suite de failles, cassures ou canaux circulatoires irrégulièrement répartis au sein de la roche et bien d'autres motifs encore; sans compter que le phénomène de la dolomitisation, lorsqu'il n'est pas *initial*, a pu se produire à des âges géologiques divers, pendant lesquels les conditions d'exposition, d'affleurement, d'orographie et aussi d'hydrographie superficielle et souterraine ont varié sans cesse et n'ont pu que dans certaines de leurs phases, contribuer à la production, partielle et localisée, de ce phénomène complexe de la dolomitisation. Pas plus que les deux précédents, cet élément ne saurait donc fournir d'argument sérieux appuyant les vues de mon honorable contradicteur.

Mais, en répondant à M. Flamache, je suis resté ici dans le domaine de l'*hypothèse* acceptée par lui en ce qui concerne l'âge relativement moderne du processus de dolomitisation de nos calcaires dolomitiques : devoniens et carbonifères. Il y a encore là une autre grosse objection de principe à soulever en ce qui concerne l'âge post-sédimentaire de ce processus; ce qui n'est nullement démontré comme une loi générale. Je préférerais laisser à un spécialiste le soin d'examiner ce point de vue, dont l'examen contradictoire m'entraînerait trop loin, mais qui — je puis cependant le garantir — sera des moins favorable à M. Flamache.

Je me bornerai à une objection que m'a suggérée, avec raison, notre collègue M. *Stainier*. Le calcaire, qui n'est pas perméable par lui-même, ne l'est que par ses fissures. Si la dolomitisation des calcaires magnésiens devait être uniquement attribuée à l'infiltration des eaux météoriques qui parcourent celles-ci, ce serait le *long des fentes et des fissures* que la dolomitisation devrait constamment se produire. Or on observe *très souvent le contraire* : c'est-à-dire des calcaires fissurés avec noyaux et îlots dolomitiques *au centre* des blocs qui séparent les fissures; alors que le cas contraire, d'après M. *Stainier*, n'est pas observable. Que répondra à cela M. *Flamache*?

« 4° Dans trois aiguigeois de petite dimension observés par moi (et dont l'un a été observé par la Société lors de son excursion d'octobre 1894 à Rochefort), la coupe en long, effectuée par l'exploitation d'une des carrières visitées, donnait lieu à un canal sinueux, mais de section parfaitement constante. (Voir *Bull. Soc. belge de Géologie*, t. IX, 1095; *Mém.*, p. 358, fig. 1.) »

M. *Flamache* admet que la partie évasée ou en entonnoir, haute, dit-il, de 2 à 3 mètres, pourrait être due à l'action chimique sur les parois; mais il croit que les eaux étaient saturées à la base du canal d'écoulement, car si celui-ci avait été dû à une action chimique, le diamètre du dit canal aurait décru en profondeur.

Est-ce là un argument? D'abord, le canal indiqué par M. *Flamache* et qui n'était guère visible que de loin, au sommet des parois de la carrière, n'était-il pas simplement la section transversale d'une fente, d'une cassure ou d'une faille de la roche calcaire, fente dont les bords parallèles donnaient de loin l'impression d'un canal isolé.

L'action chimique d'ailleurs ne peut guère s'effectuer que soit dans des fissures relativement étroites ou bouchées par des dépôts meubles inertes : sables et argiles, où l'eau, retardée dans sa descente, a *le temps* d'opérer son action dissolvante, soit dans des voies et canaux rapprochés de l'horizontale, où le mouvement descendant du véhicule liquide qui engendre l'action chimique peut s'effectuer avec une lenteur suffisante pour amener la prolongation d'action, qui seule peut amener l'intensité du résultat dans la corrosion chimique.

Or, dans le cas de canaux soit verticaux, soit fortement redressés, comme celui que figure M. *Flamache*, la rapidité forcée de la descente constitue un obstacle au processus chimique : elle favorise plutôt alors une action mécanique initiale, appelée à se modifier en action chimique en profondeur. Si M. *Flamache*, au lieu de se borner à considérer les quelques mètres visibles du canal... ou de la fente se raccordant à l'en-

tonnoir du plateau que nous avons vu avec lui à Rochefort, avait pu en suivre sous terre la continuation et les ramifications, il aurait constaté, comme cela s'observe toujours en pareil cas, que partout où la descente de l'eau est *ralentie* et son séjour *prolongé*, l'action chimique de dissolution se manifeste avec une incontestable intensité.

Argumentation fournie par les dépôts phosphatés de la Hesbaye.

De l'affirmation qui précède voici un curieux exemple, que j'ai constaté être *le cas général* en ce qui concerne **la disposition des strates et poches phosphatées de la Hesbaye**, que je viens d'avoir l'occasion d'étudier en détail pendant mes levés géologiques des planchettes de Waremme et de Momalle; disposition sur laquelle des renseignements précis et concordants m'ont été fournis, en dehors de mes observations personnelles, par de nombreux exploitants de phosphate.

Un petit exposé préliminaire sera ici nécessaire pour l'intelligence du sujet, qui est une comparaison, justifiée à tous égards, destinée à montrer dans quelles conditions l'eau d'infiltration agit chimiquement pour dissoudre le calcaire avec le plus d'intensité. Au lieu d'apprécier des *vides et cavités*, il s'agit ici d'apprécier la proportion de *résidu phosphaté* que laisse après elle l'action dissolvante des eaux.

Le phosphate joue ici le rôle de l'argile rouge de dissolution des calcaires rocheux.

Dans la région considérée (la Hesbaye) la constitution géologique est, en règle générale, la suivante, représentée par la figure diagrammatique ci-contre.

Un épais manteau de limon quaternaire (A), pouvant atteindre et dépasser de 10 à 15 mètres, recouvre tantôt une nappe, tantôt des îlots sporadiques de sable oligocène tongrien (B), d'origine marine. Audessous du Tongrien, et souvent aussi directement sous le limon, s'observe un épais cailloutis de silex (C) non roulé (sauf localement dans ses parties supérieures) et qui représente l'accumulation *sur place* du *résidu siliceux insoluble* des divers étages crétacés de cette région.

C'est au processus *chimique* de dissolution de la roche calcaire, par les eaux météoriques, qu'est dû l'enlèvement du massif calcaire, dont les strates séparaient naguère les bancs ou rognons de silex et c'est à la suite de ce phénomène que s'est produite l'accumulation de ceux-ci (1).

(1) J'ai été l'un des premiers, et le premier en Belgique tout au moins, à signaler cette origine, par processus chimique de dissolution dû aux eaux météoriques, appliquées à l'amas à silex de nos plaines hesbayennes (Voir mon *Mémoire sur les*



FIG. 1.

Coupe diagrammatique, montrant la composition du sol et du sous-sol des plaines de la Hesbaye et les relations existant entre la disposition et le développement du phosphate — résidu de dissolution chimique du calcaire crayeux — et la diversité des conditions topographiques externes et géologiques internes.

A. Limon quaternaire.

B. Sable oligocène tongrien.

C. Amas de silex accumulés par dissolution sur place de la craie.

D. Poches phosphatées, particulièrement développées sous les plateaux, absentes aux points de « dérangement » de l'amas de silex.

E. Craie des niveaux inférieurs, avec silex rares ou absents.

Ce cailloutis de silex, dont l'épaisseur varie, non seulement avec l'intensité des phénomènes d'attaque, mais encore suivant le nombre, le rapprochement et l'épaisseur variables des silex que contiennent régionalement les diverses assises crétacées, présente une puissance qui varie généralement de 3 à 4 et 6 mètres. Parfois il atteint le double d'épaisseur et l'on y observe aussi des accidents, des « dérangements » comme les appellent les exploitants phosphatiers, qui amènent des épaisissements locaux de l'amas ou du cailloutis siliceux. (Voir le diagramme fig. 1) (1). Parfois au contraire l'épaisseur et l'allure du cailloutis siliceux sont régulières, comme le montre la fig. 2, représentant une section vraie, relevée à l'aide de dix puits et sondages par M. le Bon M. de Lafontaine, aux environs de Viemme, et s'étendant de l'Est à l'Ouest, vers Donceel; document inédit que M. de Lafontaine a bien voulu me communiquer.

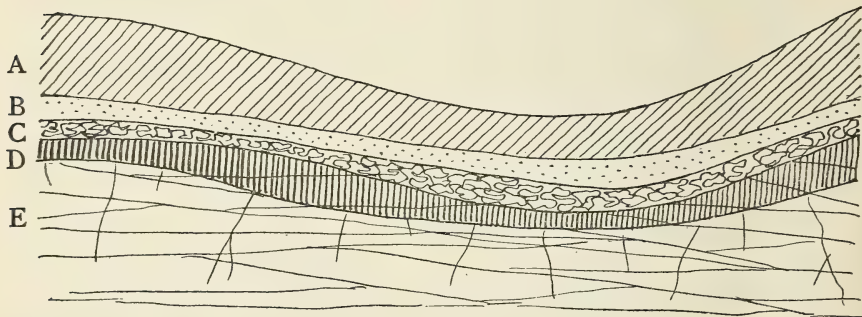


FIG. 2.

Dans cette figure les lettres A, B, C, D, E, ont la même signification que dans la figure précédente.

phénomènes d'altération, etc., de 1880 (page 129). Dans une étude, publiée à Liège en 1885, sous le titre : *Le conglomérat à silex et les gisements de phosphate de chaux de la Hesbaye*, M. M. Lohest est arrivé aux mêmes conclusions, et comme dans ce travail il n'a point été question de mon étude antérieure, l'auteur, dans un article publié en 1890 et intitulé : *Des Gisements de phosphate de chaux de la Hesbaye et de l'étendue de la zone où l'on peut espérer les rencontrer*, a bien voulu amicalement réparer cet oubli.

(1) Cette figure toutefois, pour constituer un diagramme complet, aurait pu utilement comprendre l'adjonction d'une poche d'approfondissement de l'amas de silex, sans épaisissement de la hauteur verticale de celui-ci. Souvent il arrive en effet que l'amas de silex descend assez brusquement avec une inflexion correspondante de sa surface supérieure, qui forme alors une sorte de cavité ou de bassin, rempli de sable tongrien. Mais nous ne sommes plus alors en présence de véritables dérangements : c'est le cas normal, et fréquent d'ailleurs dans certains parages de la Hesbaye, des ondulations et inflexions locales moins accentuées et qui paraissent agir moins fortement sur le phosphate sous-jacent.

Un autre élément encore que la silice des rognons et des bancs rocheux de la craie, s'est accumulé, comme résidu, à la surface de celle-ci; c'est le *phosphate*, objet des exploitations souterraines de ces parages et désigné dans les figures 1 et 2 par la lettre (D). Il se présente sous forme soit de *nodules*, soit de *gravier* ou de *sable phosphaté*; ces divers facies étant soit mélangés, soit plus généralement classés en zones, plus ou moins distinctes, dans l'ensemble de la poche phosphatée. Tous ces éléments : nodules ou grains, se trouvaient préexistants dans la craie dissoute et on les retrouve d'ailleurs dans la roche crayeuse intacte ou bien durcie, sous forme de noyaux de fossiles, débris organisés divers : spongiaires, polypiers, coprolithes, moules de Foraminifères, etc., et sous forme de grains épars, à coloration foncée.

Rien n'est plus variable, en général, qu'une poche phosphatée, et le recouvrement phosphaté de la craie, sous les silex (dont les interstices ont, par le fait de la descente des eaux d'infiltration, laissé passer et s'accumuler vers le bas les résidus phosphatés des massifs crayeux préexistants intercalés) est d'une irrégularité d'allures, d'épaisseur, de composition, et parfois aussi de teneur en phosphate, fort préjudiciables aux exploitants.

On remarquera par parenthèses, que l'action d'érosion, *purement chimique*, due aux eaux d'infiltration qui ont donné naissance au résidu phosphaté, s'est produite en Hesbaye à des profondeurs pouvant atteindre, au moins dans la partie occidentale de cette région, 20 et 25 mètres. Voici déjà décuplée la zone d'influence, localisée à 2 ou 3 mètres d'après M. Flamache (1).

(1) Dans son étude publiée à Liège en 1890 (Ann. Soc. Géol. de Belg., t. 17 Mem., et intitulée : *Le phosphate de chaux de la Hesbaye*), M. J. SCHMITZ a figuré des coupes montrant (comme, par exemple, celles de divers puits creusés à Voroux-les-Liers) la présence de poches phosphatées sous 16 mètres de limon et 8 mètres d'amas de silex, soit à 24 mètres du sol.

Ce n'est pas seulement dans les plaines de la Hesbaye que l'on constate les notables profondeurs auxquelles s'est effectuée l'action chimique dissolvante des eaux d'infiltration qui ont produit les poches phosphatées. Ainsi M. Stainier m'a dit avoir vu, entre autres développements en profondeur de résidu phosphaté, une poche à Orville (Pas-de-Calais), qui, sous 3 mètres de conglomérat à silex et de limon, descendait, en un entonnoir de 10 mètres de diamètre, à 24 mètres de profondeur sous ce recouvrement. Le phosphate avait donc été élaboré par les eaux d'infiltration, armées de leur pouvoir dissolvant, à 27 mètres sous le sol.

A Beauval, dans la Somme, M. Stainier a vu des poches de phosphate de 15 mètres de profondeur, sous 5 mètres de dépôts recouvrants. L'action dissolvante s'y était donc opérée à 20 mètres de profondeur.

Les poches de 10 mètres étaient extrêmement communes dans cette région. A Viesly et à Briastre (Cambrésis) M. Stainier a reconnu, par sondages, quantité de poches

En cherchant à me rendre compte s'il ne serait pas possible de découvrir quelque *loi*, ou tout au moins quelque *tendance générale* du phosphate à se développer dans telle condition plutôt que dans telle autre, au point de vue de ses relations avec l'orographie d'une contrée donnée, j'ai commencé par constater, aussi bien par mes observations personnelles, que par les résultats de l'expérience prolongée des exploitants, les faits suivants :

A) Chaque fois que l'amas de silex s'enfonce brusquement dans le massif crayeux, soit par dérangement, soit par ondulation accentuée il y a absence ou diminution considérable de la matière phosphatée.

B) Dans les régions où le sol superficiel est constitué par une *dépression* et particulièrement par un *valonnement prolongé*, en forme de vallée sèche, le phosphate se montre moins riche et moins épais qu'ailleurs.

C) Très souvent — mais ici les faits d'observation sont trop peu nombreux encore pour que je puisse conclure avec la même certitude — c'est dans la région *occidentale* d'un valonnement dirigé S.-N. que le phosphate se montre le plus développé : le flanc *oriental* paraît moins fourni.

D) C'est surtout en dessous des *sommets* et des *plateaux* que le phosphate paraît présenter son développement et ses éléments de richesse les plus favorables, et ceci constitue un fait absolument général.

E) Il arrive fréquemment que dans les localités ou régions où se fait, approximativement ou complètement, la coïncidence de la surface à résidu phosphaté de la craie avec la zone d'oscillation de la nappe aquifère, on constate le développement assez accentué du phosphate, qui cependant alors, à moins d'épuisement trop onéreux pour être rémunérateur, ne peut être exploité.

Que signifie cet ensemble des faits :

Dans le premier cas (A), la disposition et l'épanouissement de l'amas de silex indiquent que les eaux d'infiltration ont trouvé en ces points localisés des chemins plus *directs* et plus *rapides* qu'ailleurs pour se

ayant de 1 à 3 mètres de puissance, sous 8 mètres de limon calcaireux et 2 mètres de sable landenien, soit atteignant une profondeur totale de 13 mètres.

Dans le Cambrésis, M. Stainier a acquis la certitude que l'action dissolvante s'est opérée après le dépôt du limon quaternaire. Les eaux souterraines n'avaient donc pas épuisé leur pouvoir dissolvant par un passage lent à travers les épaisseurs de 8 mètres et plus de limon calcaireux. Il est vrai qu'il faut tenir compte de la circulation *latérale* des eaux souterraines.

perdre dans les profondeurs du massif crétacé. Que ces « dérangements » du cailloutis à silex soient dus à un phénomène de faillage, de tassement localisé avec rupture d'équilibre, soit à une autre cause favorable à la facile circulation des eaux souterraines, il n'en résulte pas moins ce fait que le phosphate *n'y existe plus*, alors que sa mise en liberté hors de la gangue crayeuse a dû être une action forcément corrélative à celle de l'épaississement localisé du silex. Ou bien il y a eu *entraînement mécanique*, après la mise en liberté du phosphate, entraînement précisément produit par ce fait que dans un tel gisement les eaux avaient un écoulement rapide; ou bien il y a eu *dissolution du phosphate lui-même* par suite de l'intensité et du renouvellement continu de l'action chimique, qui, à l'aide du temps d'ailleurs, finit — les expériences de laboratoire le prouvent — par avoir raison des substances les plus réfractaires en apparence à de telles actions (1).

(1) Il résulte d'analyses effectuées, en 1884, par M. l'Ingénieur J. Verwins, que les eaux alimentaires de la ville de Liège, qui proviennent exclusivement de l'infiltration des eaux météoriques au travers du massif crétacé de la Hesbaye et par conséquent de l'amas de silex et de phosphate qui le recouvre, contiennent environ 1 gramme de phosphate de chaux par mètre cube (0gr.00091 par litre).

Or, si l'on consulte la statistique officielle de la consommation d'eau fournie annuellement à la ville de Liège par son réseau de drainage dans la craie de la Hesbaye (représentant actuellement un développement de plus de 12.000 mètres de galeries), nous trouvons, par exemple, pour la période du 5 avril 1893 au 4 avril 1894, un débit de 5.633 786 mètres cubes. La présente année 1894-95 et les suivantes sont appelées à indiquer une diminution de consommation, mais non de production, par suite du placement de compteurs placés et à placer en vue de préserver les gaspillages de certains établissements, qui n'en étaient pas munis. Bien que la réduction de consommation soit un facteur indifférent dans les calculs qui vont suivre, je réduirai, pour la facilité de ceux-ci, le chiffre indiqué ci-dessus à 5.632.000m³, un minimum assuré de production annuelle que peuvent fournir les galeries. Cela représenterait donc 15.640m³ par 24 heures, alors, qu'en réalité, la production peut être portée à 16 ou 17.000m³ par jour.

Or avec la proportion, infime en apparence, indiquée tantôt, d'après M. Verwins, de phosphate de chaux dissous dans l'eau de la distribution liégeoise, on arrive cependant à une valeur *journalière* de plus de 14 kilogrammes de phosphate de chaux dissous, par voie chimique souterraine, dans l'eau alimentaire de la ville de Liège.

Quant à la silice, si répandue dans nos terrains crétacés et dont l'analyse a montré que cette même eau contenait 247 grammes par m³, la valeur *journalière* de cette substance dissoute par elle s'élevait (toujours calculée d'après le débit en chiffres ronds, mais amoindris, de 1893-94) à 3863 kilogrammes.

Quant au calcaire lui-même, cet élément, j'allais dire cet aliment principal de la dévorante action chimique des eaux d'infiltration, il se retrouve dissous dans les eaux de Liège à raison de 2 k. 748 gr. par mètre cube; ce qui représente un apport journalier de 42978 kilogrammes. Enfin le résidu total de 0gr.3454 de résidu solide trouvé par l'analyse par litre d'eau de la nappe crétacée de la Hesbaye, représente un

Dans la première hypothèse, M. Flamache devra reconnaître que ce qu'il appelle *sa* théorie *chimico-mécanique* trouve de bons exemples dans cette action de l'eau météorique sur la roche calcaire de la Hesbaye ; dans la seconde, nous aurions ici une démonstration frappante de l'énergie, à la profondeur de 20 à 25 mètres, du processus chimique dont M. Flamache croit « avoir mis à néant toute la théorie » lorsqu'on s'écarte de 2 à 3 mètres de la surface du sol.

Dans le deuxième (*B*) des cas énumérés plus haut, et que représente bien la coupe vraie de la figure 2, les dépressions et le valonnement du sol coïncidant avec l'amincissement et l'appauvrissement du résidu phosphaté, donnent lieu à un raisonnement identique au précédent. En cas de vallée sèche notamment — et j'entends ici englober comme

ensemble d'actions dissolvantes fournissant plus de 54000 kilogrammes de *résidu chimique par jour* à la minime saignée de cette nappe, qui entre dans les conduites de la distribution précitée.

M. Flamache, qui croit l'action dissolvante des eaux météoriques localisée dans les 2 ou 3 mètres superficiels des formations calcaires, se figure-t-il ce que les chiffres précédents représentent comme *enlèvement annuel de matière*, rien que pour la zone, si minime relativement, **circonscrite par le drainage de la ville de Liège**. C'est une dissolution ANNUELLE de plus de **5125** kilogrammes de *phosphate de chaux*, de **1391 104** kilogrammes de *silice* et de **15 millions 476 736** kilogrammes de *calcaire* et d'un ensemble total de **19 millions 452 928** kilogrammes de substances, préexistantes dans la craie, éliminées par l'*action chimique* des eaux d'infiltration, agissant entre 20 et 25 mètres de profondeur.

Je rendrai peut-être ces chiffres plus tangibles encore en les transformant en tonnes (de 1000 kilos) et en ajoutant que l'**enlèvement par voie chimique** des matières que dissout l'eau pluviale recueillie dans les drains de la ville de Liège représente, au bout d'un an, **19.453 tonnes** de résidus divers, dont 15.477 tonnes de calcaire, 1391 tonnes de silice et plus de 5 tonnes de phosphate de chaux. Or les 12 kilomètres de galeries drainantes de la ville de Liège ne constituent qu'une saignée insignifiante dans l'énorme réservoir du terrain crétacé aquifère de la Hesbaye. L'imagination reste confondue lorsqu'on songe à l'ampleur du phénomène considéré dans son ensemble, et sous l'action prolongée des siècles et des périodes géologiques post-crétacées ; étant donné que ces 19.453 tonnes représentent annuellement la charge de **1945 wagons**, soit de 97 longs trains de marchandises, composés de 20 wagons, contenant chacun 10 tonnes de matières ; le tout chimiquement enlevé *en une année* au sous-sol par la minime saignée que subit le plateau crétacé hesbayen pour alimenter la ville de Liège.

On s'étonnera moins après cela que l'observation géologique nous apprend que l'accumulation des rognons et bancs de silex, épais de 4, 6, 8 mètres, et plus localement, qui recouvrent, comme résidu sur place de dissolution crayeuse, le massif crétacé de la Hesbaye et du Pays de Herve, fournissent la preuve d'un *abaissement de niveau* très sensible de ces régions, uniquement dû à l'action des eaux météoriques d'infiltration.

Il est certain, en tout cas, que les chiffres indiscutables qui précèdent, permettent d'apprécier le travail grandiose d'érosion chimique qui, depuis d'innombrables

telles de simples sillons séparant les ondulations du vaste plateau de la Hesbaye — il y a souvent, grâce à l'amincissement de limon dans ces dépressions et grâce aussi aux affleurements de l'amas à silex, de véritables filets et ruisseaux souterrains, qui tout naturellement s'accroissent et, surtout après les pluies d'orage avec ruissellement, vont s'arrêter sur la surface crayeuse souterraine et coulent avec facilité dans l'amas de silex sus-jacent. Pour les mêmes motifs que précédemment, que le fait soit dû à l'action mécanique des eaux rendues plus rapides, ou à l'intensité du processus chimique, résultant de son renouvellement, les éléments phosphatés auront toutes les chances d'être *entraînés ou dissous* et probablement que les deux processus physique et chimique s'y conjoignent en une même action élimatoire.

siècles, s'effectue dans les profondeurs du sol de l'immense plaine crétacée hesbayenne et ils montrent, mieux que tout commentaire, quelle énergie déploient, même en s'attaquant aux substances les moins solubles, telles que la *silice* et le *phosphate de chaux*, ces merveilleuses actions chimiques souterraines du grand laboratoire de la nature, qui sont ici uniquement dues à l'infiltration profonde des eaux météoriques, c'est-à-dire à l'action de la *goutte d'eau* qui descend en terre et y rencontre du *calcaire*.

Partout d'ailleurs, l'ampleur et l'intensité de l'action dissolvante ont été reconnues et mises en lumière par les maîtres de la science.

C'est ainsi, par exemple, que le Professeur *J. Prestwich*, dans son Adresse Présidentielle de 1871 à la Société géologique de Londres, a fait observer que le calcaire charrié à l'état de *dissolution* par les eaux de la Tamise, s'élève annuellement au volume fabuleux de 400.000 tonnes! Les massifs de craie et de calcaire oolithique drainés par l'infiltration souterraine et attaqués chimiquement par les eaux qui constituent le bassin hydrographique de la Tamise, se voient donc enlever, par **corrosion chimique**, *plus de 1000 tonnes de calcaire par jour!*

Credner (TRAITÉ DE GÉOLOGIE) montre qu'une colline de gypse de 33 mètres de hauteur, située dans une région où il tomberait par an 1 mètre d'eau pluviale, aurait entièrement disparu en 30.000 ans, par le seul fait de la *dissolution chimique*. Il rapporte qu'on a calculé que les rivières qui prennent naissance sur le Teutoburgerwald et le Haar apparaissent au jour après avoir enlevé annuellement par dissolution à ces montagnes calcaires, 36.000 m³ de carbonate de chaux.

Il dit encore que des fleuves comme le Rhin, le Danube, la Rhône et l'Elbe, contiennent un minimum de 1/8000 de substances minérales en *solution*. Il en résulte que ces fleuves, sur un espace de 8000 ans, conduisent à la mer une masse de résidu de dissolution chimique *égale à celle des eaux qu'ils y déversent annuellement*.

L'auteur cite enfin une source du Valais qui, à elle seule, enlève par dissolution de l'intérieur de la terre, plus de 200 m³ de roche gypseuse par an. Or, comme on connaît, ajoute l'auteur, au moins 20 sources sédimentaires dans cette contrée, on s'explique « par les cavités qu'une action semblable doit former et les effondrements qui s'ensuivent nécessairement, les tremblements de terre fréquents qui, au cours d'un siècle et demi (jusqu'en 1854) ont été observés en Suisse, au nombre de 1019. »

Que nous voici donc loin de la thèse de M. Flamache, localisant à 2 ou 3 mètres de la surface, l'action chimique de dissolution des eaux d'infiltration!

Dans le troisième des cas (C) que j'ai énumérés nous trouvons, s'il se confirme d'une manière générale, une nouvelle application des mêmes vues. En effet, dans nos plaines belges c'est de l'Ouest que nous viennent les pluies et particulièrement les pluies d'orage et à régime d'écoulement torrentiel et de ruissellement. Les talus, les pentes et les flancs, toujours plus escarpés, des vallées exposées aux vents et aux pluies d'Ouest doivent donc être plus particulièrement le siège du phénomène de *ruissellement superficiel et immédiat*, défavorable à l'infiltration lente et continue des eaux météoriques. Quant à l'action mécanique des eaux de ruissellement rassemblées dans les bas niveaux elle ne peut ici acquérir quelque intensité que sous le thalweg même des dépressions dont il a été question dans le cas précédent et quand le ruisseau souterrain coïncide avec le niveau, favorable à l'écoulement, cailloutis de silex. Nous rentrons donc alors dans le cas précédent soit d'entraînement, soit de dissolution de phosphate mis en liberté.

Dans le quatrième cas (D) le plus généralement acquis, nous y trouvons la preuve que c'est en coïncidence avec les points où l'eau souterraine s'étale — ou s'est naguère étalée — en nappes d'imprégnation soit continue, soit alternée, mais *avec des mouvements de translation ralentis*, que l'action chimique de dissolution calcaire, suffisante pour accumuler un fort volume de résidus phosphatés, n'a toutefois — comme là où ces mêmes eaux sont plus en mouvement et plus vite renouvelées — pu amener la dissolution du phosphate lui-même.

Le cinquième cas considéré (E) nous amène exactement aux mêmes conclusions, qui ne sont guère, on le voit, favorables aux vues de M. Flamache, ni sur la profondeur minima à laquelle, d'après lui, s'arrête l'action chimique des eaux météoriques ou d'infiltration, ni sur le peu d'importance qu'il attache à une théorie qui, dit-il assez irrévérencieusement, est mise « à toute sauce » par la science quand il s'agit d'expliquer des ablations calcaires.

Si je me suis quelque peu étendu sur les cas de dissolution chimique que fournit notre calcaire crayeux de la Hesbaye dans ses relations avec le gisement *des amas phosphatés*, c'est parce que j'ai pensé qu'il y avait tout intérêt à attirer l'attention des chercheurs et des exploitants sur la possibilité de chercher, dans cette voie, à éliminer, ou à diminuer tout au moins, certains des éléments aléatoires des recherches et des explorations, pour lesquelles la science doit s'efforcer de découvrir sinon des règles, qui ne seront jamais absolues, du moins des indications pratiques.

Je ne présente d'ailleurs les remarques ci-dessus que comme matière à observation et à vérification plus générale, bien que j'aie tout lieu de les croire très sérieusement fondées.

Reprenons maintenant l'examen des faits sur lesquels M. Flamache appuie sa manière de voir.

« 5° C'est un fait bien connu des hydrologues que les eaux recueillies en terrain calcaire atteignent leur degré hydrotimétrique maximum aussitôt qu'on les prélève à quelques mètres au-dessous de la surface. »

Mais il ne pourrait en être autrement, et d'ailleurs M. Flamache ne s'aperçoit-il pas que cette constatation ne peut que desservir sa thèse.

Jusqu'à quelques mètres au-dessous de la surface et généralement partout, en surface, la zone d'affleurement du calcaire est dans un état de division, de fissurage et de discontinuité rocheuse, qui en fait un *véritable filtre*, dans lequel se perdent une partie des eaux météoriques.

L'action chimique est certainement *intense* dans cette zone et les eaux qui s'y trouvent doivent avoir un degré hydrotimétrique élevé; mais si précisément en profondeur il n'en est plus ainsi, c'est que les eaux qui descendent plus bas, — non plus par ce même lacis capillaire ou relativement étroit, — mais par des fentes et canaux plus larges (où la descente s'*accélère* et ne laisse pas aux facteurs chimiques qu'elle contient le temps d'agir comme (dans les zones superficielles), **restent munies de leur pouvoir dissolvant**. Qui pourrait prétendre en effet que les engouffrements persistants ou temporaires, soit par l'effet de crues ou d'orages, qui font disparaître sous terre — par la voie des grandes fractures, failles, diaclases et par la voie des aiguilleux, puits naturels, etc. — des torrents d'eau, comme cela est la caractéristique dans les régions calcaires; qui pourrait prétendre, dis-je, que ces engouffrements dépouillent, à 2 ou 3 mètres de la surface, l'eau météorique de sa teneur en acide carbonique. Or, ce ne sont pas les eaux filtrantes localisées dans la zone superficielle et d'affleurement auxquelles la science attribue la formation des grottes et des cavités du calcaire : ce sont les *eaux filtrantes* amenées en *profondeur* par le dispositif, si fréquent en terrain calcaire, des *engouffrements et disparitions* d'eau de surface, qu'elles soient périodiques ou continues; pluviales, torrentielles, de ruissellement ou fluviales, soit persistantes, soit de crues temporaires.

En faisant converger tout son raisonnement autour des *eaux filtrantes* de la zone *superficielle*, absolument négligeables en la matière,

et en passant sous silence le rôle prépondérant et si capital des *eaux filtrantes* amenées directement dans les *régions profondes* et auxquelles seules il aurait dû s'attacher, M. Flamache maintient la question dans le *terrain des malentendus*, ainsi que je le disais en commençant cette note.

Je passe au 6^o et dernier argument de fait fourni par M. Flamache.

« 6^o M. Dupont lui-même n'a-t-il pas, dans un récent travail, rappelé les faits des chandelles de calcaire qui se produisent sous les voûtes aux dépens du mortier? Or ces voûtes n'ont que quelques décimètres d'épaisseur. » L'auteur ajoute : « Ces faits naturels, que l'on pourrait multiplier, montrent que l'action dissolvante de l'eau filtrante chargée d'acide carbonique, *n'atteint pas les parties profondes* des massifs calcaireux et qu'elle est saturée de calcaire dès les premiers mètres de son parcours. »

Non seulement l'analyse rationnelle que nous venons de faire met à néant les divers ordres de faits sur lesquels s'appuie M. Flamache, mais, chose curieuse, cette analyse a mis en lumière que mon honorable contradicteur s'est strictement maintenu dans un ordre de faits uniquement localisés dans la zone superficielle et d'affleurement, qui n'était pas en cause.

Le 6^{me} et dernier argument est typique à cet égard. M. Flamache n'a fourni absolument aucune donnée relative aux actions qui se passent en profondeur, et quand il a cru le faire, comme dans le cas des *limés blancs* et dans celui où il s'occupe de la *dolomie*, — qu'il ne paraît pas savoir exister sur de grandes épaisseurs, et dont il croit le processus générateur bien connu — il s'est absolument mépris sur la signification des arguments mis en avant. Or nous arrivons cependant, en admettant le raisonnement de M. Flamache, à conclure hardiment, de la formation toute superficielle, de *stalactites* au plafond de la grotte de Han et de la présence de *chandelles calcaires* sous la mince voûte d'un pont « que l'action dissolvante de l'eau filtrante chargée d'acide carbonique *n'atteint pas les parties profondes des massifs calcaireux*! C'est d'une logique de raisonnement assez discutable.

En ajoutant que cette eau filtrante est « saturée de calcaire dès les premiers mètres de son parcours », il oublie, ou ignore peut-être, que la descente des eaux météoriques ou courantes qui descendent au sein des massifs calcaires s'effectue suivant *deux processus* distincts : l'un d'infiltration lente et toute superficielle, par les voies multiples et étroites de la zone de débit superficiel (et c'est celui qui produit les stalactites de la grotte de Han et les chandelles calcaires de la voûte

des ponts) : l'autre, d'engouffrement rapide et profond par les voies, plus localisées, mais plus larges, des failles, cassures et aiguigeois, qui amènent directement dans les profondeurs, où elles arrivent avec leurs *propriétés chimiques intactes*, les eaux, en volume bien plus abondant que les premières, qui, devenues principalement *filtrantes en profondeur*, agissent surtout par *dissolution* et donnent lieu à la formation des cavités du calcaire.

Le dispositif expérimental de M. Flamache.

Pour démontrer expérimentalement sa thèse, M. Flamache s'est adressé à un dispositif de laboratoire.

« Avec quatre planchettes on forme un tube carré de 0^m.10 de côté et de 2 mètres de hauteur. Ce tube est rempli de *fragments calcaires* et de sable de façon à figurer le *mieux possible une fissure en roche calcaireuse*.

» Un flacon supérieur A, rempli d'eau maintenue saturée d'acide carbonique par un courant de gaz, laisse tomber à la surface du tube une goutte de dissolution toutes les secondes. Cette eau est recueillie dans un flacon inférieur B, après avoir filtré à travers le tube vertical. »

M. Flamache nous annonce que jamais l'on n'a trouvé d'acide carbonique libre dans l'eau recueillie, qui mettait cinq jours pour passer du flacon A dans le flacon B. Le débit représentait ici 4000 m³ par hectare-jour, et comme la saturation de l'eau en acide carbonique représente un gramme par litre, M. Flamache, à tous égards, se croit très rassuré sur ce fait qu'il a fourni à l'expérience les conditions les moins avantageuses pour sa thèse, en admettant celle-ci fondée.

Aussi il conclut : « *Il me semble résulter clairement de ce qui précède que l'eau filtrant capillairement à travers les fissures où elle se trouve en contact avec du calcaire a, au bout de quelques mètres de parcours, atteint un degré de saturation calcaire qui lui interdit toute dissolution subséquente. Elle atteint donc les profondeurs sans aucune faculté dissolvante spéciale et incapable de créer la moindre cavité.* »

Il va même plus loin; il ajoute que cette eau, en profondeur, possède une faculté obstruante remarquable, bouchant des fissures (ce sont sans doute les « limés blancs » qui sont ici en vue), incrustant par ci, fermant par là et finissant par « combler les vides inférieurs avec le carbonate de chaux dissous » dans les zones superficielles. La conclusion finale, dit M. Flamache, est donc que l'action chimique des eaux filtrantes est, non pas d'ouvrir, mais de *boucher des cavernes* !

Et voilà cependant où l'on en arrive, par suite de simples malentendus et par le fait d'expériences où l'on s'imagine avoir réalisé les conditions offertes par la nature.

Qui cependant n'aura été frappé par les deux passages que j'ai soulignés plus haut, décrivant le dispositif imaginé par mon honorable contradicteur. Ce tube aux parois non calcaires, mais rempli de fragments calcaires, évidemment brisés dans ce but en menus fragments, aux cassures et surfaces fraîches, voilà le dispositif qui prétend figurer le mieux possible une *fissure* en terrain calcaire ! Cela n'est pas sérieux, et il faut n'avoir jamais examiné avec attention la cavité et les parois d'un canal soit d'aiguigeois, soit de faille ou de cassure dans la roche calcaire pour songer à faire une telle assimilation.

Quand dans un aiguigeois ou dans une fente on rencontre des pierres isolées, ce sont généralement des cailloux roulés : silex, phtanites, grès ou quartzites, toutes roches non solubles n'enlevant rien aux propriétés chimiques des eaux descendantes. Il y a des terres : limons, sables et argiles, qui sont plus ou moins dans le même cas : il y a surtout des *argiles rouges* de décomposition antérieure qui, par leur plasticité et leur disposition incrustante, *protègent* sur de grandes surfaces *les parois calcaires qu'elles tapissent*. Si l'on évalue par le calcul la surface libre, et fraîchement apte à l'attaque, que renferme le tube rempli de fragments calcaires de M. Flamache, et ce qu'elle représente de développement, sur les deux mètres courants de son dispositif, on sera stupéfait de constater que pour atteindre *une telle surface libre d'attaque calcaire* dans une fente tapissée de terre et d'argile, comme les canaux et diaclases du calcaire le sont généralement, il faudrait la prolonger à des profondeurs tellement considérables que l'expérience devient absolument sans portée et illusoire, absolument comme les six ordres de faits avancés par M. Flamache en faveur de ses vues.

L'argumentation fournie à M. Flamache par la morphologie des cavernes.

Mais notre estimable contradicteur fournit encore d'autres bases d'argumentation, qu'il tire de la morphologie des cavernes.

J'ai réuni, en les réduisant par la photographie, les trois diagrammes qu'il présente pour illustrer son raisonnement.

Dans ces trois figures le tracé en demi-cercle appelé *chavée* représente, avec les zones externes qui les continuent au delà de *A* et de *B*, la partie du cours primitif d'une rivière qui suivait ce tracé avant d'avoir pris partiellement un cours souterrain (représenté par des

lignes pointillées) par la voie d'une caverne sinueuse, figurée dans la partie supérieure des trois diagrammes. Ce cours souterrain étant acquis, la chavée — comme c'est le cas à la grotte de Han — ne sert plus qu'à recevoir temporairement en temps de forte crue, l'excès d'eau qui ne peut passer par le cours sinueux souterrain entre *A* et *B*.

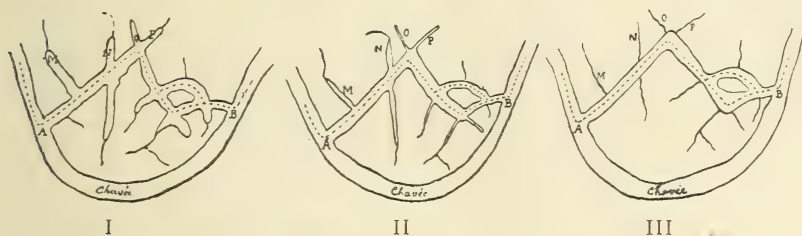


FIG. 3.

Synthèse diagrammatique, d'après M. Flamache, des formes que devraient présenter les grottes parcourues par un cours d'eau dans l'hypothèse : I) de l'action chimique seule comme processus d'ablation ; II) d'une action chimique préalable, complétée localement par une action mécanique ultérieure ; III) d'une action purement mécanique d'ablation.

La thèse de M. Flamache est celle-ci :

A) En admettant la formation des cavités souterraines par la seule action chimique, il n'y a pas de raison pour que celles des galeries formées qui auront servi ultérieurement à conduire souterrainement l'eau de la rivière se montrent d'un diamètre plus grand que les autres, où l'eau courante n'a pas passé. On obtiendra donc l'aspect offert par le diagramme I.

B) En admettant qu'une action mécanique, due à l'introduction de la rivière, se soit adjointe à l'action chimique primitive, il y aurait forcément *agrandissement* des couloirs par où *passé la rivière* et l'on obtiendrait l'aspect général synthétisé par le diagramme II.

C) En admettant que la rivière, c'est-à-dire l'action mécanique a seule agi, parmi un lacs d'étroites fentes préexistantes, il y aurait un contraste considérable entre la dimension des galeries parcourues par l'eau courante et celles des fentes primitives : de plus, il y aurait *absence absolue* de ces galeries en cul-de-sac, de moyenne grandeur, qui sont particulièrement bien représentées dans le diagramme II par MNOP.

Or, d'après M. Flamache, la nature ne nous fournit pas les cas synthétisés par les cas I et II et ne nous présente, lorsqu'on étudie la disposition des cavernes, que le cas représenté par le diagramme III.

Émettre une telle affirmation revient à condamner soi-même la thèse que l'on veut défendre. Il suffit, pour constater combien M. Flamache se trompe encore ici, de feuilleter rapidement les ouvrages qui fournissent des plans détaillés de cavernes en terrain calcaire, dans tous les pays. Les beaux ouvrages de M. Martel : *Les Abîmes* (1), *Les Cévennes* (2), les intéressantes publications de la Société française de Spéléologie (3), en fournissent les preuves irréfragables, fournies par les grottes de l'Hérault, de l'Ardèche, du Gard, du Tarn et de bien d'autres régions. Il ne faut même pas sortir du pays pour en avoir la démonstration non moins certaine.

Le plan de la grotte de Han, qui, relevé surtout pour l'usage des touristes, ne figure pas — il l'annonce d'ailleurs — quantité de galeries, dont la plupart sont en cul-de-sac et dont une partie sont encore bouchées, montre cependant d'une manière frappante combien M. Flamache s'est mépris en synthétisant par le diagramme III le dispositif souterrain d'une grotte parcourue par un courant d'eau. Il ressort très nettement du plan précité, si incomplet au point de vue qui nous occupe (et qui se trouve reproduit fidèlement dans ses éléments topographiques principaux par M. É. Dupont (4), dans le tome VII de notre *Bulletin* — voir pl. 13, fig. 1 —) que les galeries parcourues souterrainement en tout temps par la Lesse sont les plus larges : que celles inondées par les crues intérieures et par le flux périodique de crue souterraine sont de dimensions moyennes et que celles qui ne sont atteintes que par l'afflux périodique annuel seul sont les plus étroites. De plus, on peut y compter facilement 25 *culs-de-sac*, parmi lesquels on peut citer la galerie des *Petites Fontaines*, longue de 55 mètres ; les *Mystérieuses*, cul-de-sac d'environ 60 mètres ; la *Galerie perdue*, long boyau d'environ 70 mètres, à issue unique ; sans compter les nombreux couloirs sans issues autres que d'étroites fentes, que les guides de la grotte pourraient montrer à M. Flamache afin de lui démontrer l'existence de nombreux *culs-de-sac* que les *eaux*

(1) *Les Abîmes, les eaux souterraines, les cavernes, les sources, la spéléologie*, par E. A. MARTEL. — Paris, Ch. Delagrave, 1894. Un fort vol. in-4°, 578 pages, av. nombreuses planches, cartes, photographies et plans.

(2) *Les Cévennes et la région des Causses*, par E. A. MARTEL. — Un vol. in-4°, 468 p., av. planches, cartes et plans. Paris, Ch. Delagrave, 1894.

(3) *Spelunca. Bulletin de la Société de Spéléologie*. Paris, Bulletin trimestriel (E. A. MARTEL, secrétaire général, gérant).

Mémoires de la Société de Spéléologie, Paris. (6 mémoires parus.)

(4) *Les Phénomènes généraux des cavernes en terrains calcaireux et la circulation souterraine des eaux dans la région Han-Rochefort*, par É. DUPONT (Bull. Soc. belge de Géol., t. VII, 1893. Mém. pp. 190-297 ; pl. XII et XIII).

courantes n'ont pu parcourir ni former. Même sur des espaces restreints on voit les grottes de nos régions montrer parfois de nombreux culs-de-sac, que l'action mécanique d'eaux courantes serait impuissante à expliquer. Je n'en citerai, comme exemple, que celui que M. Flamache aurait pu trouver, sans aucune recherche, dans le travail de M. Dupont qu'il combat et qui est fourni par le plan de la caverne de *Goyet* (voir *Dupont (ante)*, p. 220 des *Mém.*, tome VII (1893) de notre *Bulletin*). On y constate nettement, sur un espace inférieur à 400m², six digitations de galeries en cul-de-sac bien accentué.

C'est par centaines d'exemples analogues, *contraires à l'affirmation de M. Flamache*, que l'on pourrait répondre rien qu'en feuilletant quelques ouvrages et mémoires fournissant des plans de grottes dans les calcaires de tous pays.

Pour en revenir aux plans des grottes de Han et de Goyet, documents précis qui paraissent avoir échappé à l'attention de M. Flamache, je dirai qu'ils constituent, le premier surtout, la meilleure démonstration qui se puisse donner du bien fondé du diagramme n° II, que M. Flamache déclare *inexistant* dans la nature, alors qu'en réalité il est le cas *le plus général*, montrant qu'à une action chimique initiale et préexistante, indiquée par les galeries en cul-de-sac, élargissement chimique de fentes primitives, est venue souvent s'adjoindre, dans le cas de cavernes ou cavités parcourues par des eaux courantes, une action mécanique postérieure.

Mais il y a mieux encore. Non seulement dans son point d'engouffrement ordinaire (trou de Belvaux) la Lesse s'enfonce dans le calcaire par trois ouvertures distinctes et *fort étroites*; non seulement le point d'engouffrement périodique du trou d'Enfaule consiste en une ouverture peu développée, qui s'étrangle rapidement en *d'étroits canaux*; mais encore il y a dans l'ensemble des galeries parcourues, tant constamment que périodiquement, par la Lesse souterraine, une *tendance générale et constante à l'élargissement graduel*, contrastant éloquentement avec les tendances contraires à l'apaisement des eaux souterraines. C'est absolument l'opposé de ce qui arriverait si l'action mécanique de la rivière était, comme le voudrait M. Flamache, le seul processus du creusement souterrain, et l'étroitesse des voies d'entrée constitue à elle seule un argument défavorable à sa thèse.

Pour en revenir aux diagrammes de mon honorable contradicteur, la vérité est que *chacun* des cas synthétisés par M. Flamache peut se présenter dans la nature, avec cette différence que celui qu'il considère comme général est tout à fait exceptionnel et que, des deux autres, celui qui est réellement *le plus général* (fig. 3, n° II) est le cas dont il dit « qu'il n'a pas lieu » !

Mais aussi notre honorable contradicteur se fait-il étrangement illusion en croyant que le problème du creusement et de l'élargissement des cavernes parcourues par un cours d'eau est contenu *tout entier* dans ces deux facteurs : action chimique, action mécanique et même dans ce dernier seulement, synthétisé par son diagramme (fig. 3, n° III), qui ne décèle qu'une action purement mécanique.

Aperçu sommaire sur les multiples facteurs du creusement des cavernes, négligés par M. Flamache.

Il n'est cependant pas difficile de se rendre compte que de multiples facteurs accessoires doivent entrer en jeu, tels que les divers états, plus ou moins localisés, de discontinuité de la roche calcaire, de sa massivité originelle (calcaire construit ou de récif) ou de sa stratification plus ou moins accentuée, se combinant avec le fracturage local résultant des ondulations, tortions, faillages, redressements et plissements de la roche, lesquels, ainsi que les caractères précédents, varient d'un point à un autre de parcours d'une même rivière souterraine, surtout lorsqu'on se trouve dans des régions de roches calcaires plissées et redressées, comme dans les calcaires des terrains primaires de la Belgique.

L'action chimique, comme l'action mécanique, varie ses effets suivant les différences de dureté et de composition des divers bancs rencontrés dans un même massif calcaire, suivant le degré de rapidité des eaux souterraines d'infiltration ou d'écoulement plus localisées, et c'est la pente variable et diverse des canaux et conduits souterrains qui règle elle-même cette rapidité, de concert avec les dispositifs de siphonnage, de barrages souterrains et de libre cours, que nous ne pouvons généralement atteindre chez nous, comme a pu le faire si fréquemment M. Martel en d'autres régions calcaires. Enfin, les causes d'écroulement souterrain, causes multiples elles-mêmes et variables d'intensité dans un même parcours souterrain, constituent encore *un facteur puissant* d'élargissement *local* des galeries souterraines, abstraction faite des forces physiques et chimiques d'érosion de l'eau elle-même.

Les variations et les excès de pressions dus aux crues périodiques se combinant avec le siphonnement, la proportion d'éléments sableux et caillouteux que l'entraînement en profondeur des eaux extérieures peut parfois amener comme outils supplémentaires et localisés de l'ablation calcaire, sont, avec bien d'autres encore, parmi lesquelles il ne faut pas oublier les tremblements de terre, autant de causes qu'avec les données géologiques M. Flamache passe complètement sous silence, alors que ce sont autant de facteurs tantôt accessoires, mais parfois très importants, du processus d'érosion souterraine et d'évidement des grottes et cavernes.

Les différences des régimes orographiques et hydrographiques anciens d'avec les conditions actuelles.

Lorsque M. Flamache annonce (p. 362) *que toute caverne est ou a été le lit d'une rivière souterraine* il se montre plus clairvoyant, bien qu'il présente lui-même cette affirmation comme « quelque peu hardie », mais s'il en saisissait bien toutes les conséquences, il aurait dû reconnaître qu'il ne faut pas mettre seulement les dimensions *actuelles* d'une galerie souterraine en corrélation avec *les causes actuelles* : cours d'eau à processus mécanico-chimique et eaux filtrantes à processus exclusivement chimique, mais encore et très souvent, avec les conditions *DISPARUES d'autres régimes hydrographiques, pluviométriques et orographiques* que ceux qui s'observent de nos jours.

Il est bien exact en effet que la grande majorité des cavernes ont vu naguère, surtout pendant l'époque quaternaire, des eaux courantes parcourir — et contribuer sans doute à élargir mécaniquement, en même temps que chimiquement — des galeries aujourd'hui absolument à sec et abandonnées par les eaux filtrantes et courantes. La question des dimensions de ces galeries et de ces cavernes aujourd'hui « perchées sur le flanc des collines » ou plus bas, mais actuellement privées d'eau, doit donc être mise en rapport, non pas seulement avec les causes *actuellement existantes*, mais encore avec un ensemble de *facteurs anciens* d'érosion chimico-physique, qu'il n'est pas toujours facile de reconstituer.

Il ne faut pas perdre de vue, d'une part, l'action descendante, sur le régime hydrographique, tant souterrain que superficiel, du grand phénomène quaternaire du *creusement des vallées* : d'autre part, les *oscillations séculaires du sol* et, particulièrement en nos parages, le relèvement quaternaire des altitudes de nos plateaux rocheux du sud — relèvement qui tendait à accentuer les effets du premier phénomène. — Ces deux facteurs, combinés, ont eu pour résultat de faire couler naguère, tant à la superficie du sol que dans le sein des masses calcaires sillonnées de fentes et de canaux — qui se sont élargis en cavernes — tout un lacs de courants, les uns visibles, les autres cachés, qui occupaient alors des niveaux absolument asséchés aujourd'hui par suite des progrès du phénomène de creusement des vallées.

Je ne suppose pas que M. Flamache niera un tel état physique antérieur de nos contrées ? Il lui suffira d'ailleurs, pour se convaincre de sa préexistence, de s'en tenir au fait, aisément constatable en bien des régions de la Haute Belgique, de la présence, non seulement

d'amas de cailloux et de sédiments manifestement fluviaux, au sommet des anciennes plaines qui, relevées de nos jours, constituent nos hauts plateaux calcaires et autres de la région primaire, mais encore de la présence de ces mêmes éléments, accompagnés de sables et de limons stratifiés et à caractères incontestablement fluviaux, qui peuvent encore s'observer, généralement sous les limons ossifères, dans certaines des cavernes situées au-dessus des plus hautes crues possibles de notre régime hydrographique actuel.

On peut donc conclure que bien des galeries et cavernes qui se trouvent dans une telle situation, si elles doivent leur *origine* et une partie de leur développement à l'action *chimique* dissolvante des eaux météoriques et d'infiltration ancienne, et cela à une époque où le sol des plateaux était moins relevé qu'aujourd'hui — ou bien, si l'on préfère ne pas soulever cette thèse du relèvement quaternaire, antérieurement à la phase principale du creusement des vallées — que ces galeries et cavernes, dis-je, doivent leur élargissement et leurs dimensions ultimes aux actions *chimiques et mécaniques*, soit isolées, soit plutôt combinées, du ruissellement interne ancien et des affluents souterrains de cours d'eaux *disparus*. C'est par *exception* que, dans leur phase actuelle d'alluvionnement, ayant succédé à celle du creusement, nos cours d'eau actuels peuvent encore exercer à l'air libre une action *mécanique* sensible, mais la double action chimique et mécanique peut parfaitement subsister dans leurs affluents et cours souterrains.

Ce sont les « ancêtres » des cours d'eau de la phase de creusement qui ont laissé leurs traces indélébiles sur nos hauts plateaux, sous forme de traînées et d'amas de cailloux roulés, témoins d'un régime torrentiel non ou peu localisé : ce sont leurs « descendants » dégénérés et impuissants à l'attaque mécanique — par suite de l'aplanissement graduel des thalwegs fluviaux et de la cessation du phénomène de relèvement du sol — qui, de nos jours, serpentent paresseusement au fond des vallées actuelles, dont le profil est figé... dans l'attente de nouveaux relèvements du sol, à venir, et qui feront renaître une nouvelle phase de creusement.

Quant à déterminer la part respective à faire, dans l'édification de ces galeries et cavernes à mi-côte, aux deux facteurs de l'action chimique et de l'action mécanique, c'est un problème d'ordre et d'intérêt *purement locaux* et sans synthèse générale. Dans chaque cas particulier il faudrait, pour y arriver, se livrer à de minutieuses observations et utiliser une *méthode rigoureuse de recherches*, bien coordonnées.

Le mode d'ouverture des cavernes.

Je profiterai de ce petit exposé pour dire que j'ai grand'peine à accepter, malgré toute l'autorité qui s'attache au nom de son promoteur, l'idée émise par M. É. Dupont, au sujet de l'origine trop spéciale, me paraît-il, qu'il attribue au *mode d'ouverture* à l'air libre des cavernes, parfois sans autre issue interne apparente, que l'on observe, comme dans le Trou des Nutons et bien d'autres encore, sur le flanc abrupt d'une profonde vallée.

D'après M. Dupont de telles cavernes, uniquement dues à l'érosion chimique, étaient très généralement *closes et isolées* au sein du massif rocheux et ce serait la circonstance fortuite d'une coïncidence avec la zone de creusement de la vallée dans la masse du massif calcaire qui aurait mis au jour ces cavités.

Je ne prétends nullement que cela ne soit exceptionnellement ou parfois réalisable, mais j'incline plutôt à croire, d'abord que l'absence d'autre issue n'est souvent qu'une *apparence*, due à des actions de remplissage sédimentaire ou stalagmitique qui *cachent* les débouchés internes préexistants (1); ensuite, que si la thèse de M. Dupont peut surtout s'appliquer à de petites cavités, comme il s'en rencontre par élargissement chimique localisé d'une fente ou d'un conduit quelconque ayant naguère servi à amener de l'eau souterraine, il ne peut s'étendre facilement aux *grandes cavités*, c'est-à-dire aux grottes d'une certaine étendue, soit en hauteur soit en largeur. Je persiste à croire, jusqu'à preuve du contraire, que de telles cavités importantes, telles que le Trou des Nutons lui-même, ne représentent que les vestiges, coudes, culs-de-sacs, irrégularités et digitations, voire même des parties tronçonnées du réseau principal, de lacs caverneux préexistants et anciens, qui naguère servaient, en tout ou en partie, de lits

(1) Dans la grotte de Rochefort, par exemple, j'ai trouvé une dent d'*Ursus spelæus* dans des conditions de gisement qui montraient clairement qu'il doit exister, outre les quatre ouvertures d'aiguille de plateau, et dont deux servent d'entrée et de sortie à la grotte, une communication supplémentaire avec les flancs ou le bas de la vallée, laquelle communication, autrefois accessible aux fauves, est actuellement bouchée et cachée par les terres et les stalagmites.

Dans ce cas-ci M. Dupont est d'ailleurs du même avis, par suite de l'observation qu'il a faite de la présence d'ossements d'*Ursus spelæus* non roulés, ni rongés par les hyènes, ni brisés à la manière des Troglodytes. La caverne contenait un ancien repaire d'Ours, et comme ils ne pouvaient entrer par les orifices actuels, il devait y en avoir un autre plus accessible. J'ignore pourquoi M. Dupont n'a pas admis la possibilité très générale de cas analogues ou identiques, et il me paraît que les cavernes closes de toutes parts et isolées au sein du massif calcaire doivent au contraire constituer une infime exception, du moins quand il s'agit de cavités de quelque importance.

souterrains aux cours d'eau dont le thalweg s'est successivement, avec les progrès du creusement, abaissé — en abandonnant ces anciens lits supérieurs — jusqu'au niveau du fond actuel des vallées.

On ne saurait prétendre, autrement que sous forme d'affirmation dépourvue de preuves à l'appui, que la *corrosion chimique seule*, comme le voudrait M. Dupont, a, antérieurement à la phase de creusement des vallées, entièrement produit ces cavernes, dont tant, en Belgique, sont devenues célèbres par les découvertes ethnographiques de M. Dupont lui-même. Ce qui d'ailleurs tend à confirmer cette manière de voir, c'est que dans un bon nombre de nos cavernes, non seulement il existe des couches à composition ou à alternances limoneuses, ainsi que des roches et des cailloux roulés, plus rationnellement rapportables les uns et les autres aux éléments rocheux, limoneux et caillouteux roulés, des **plateaux voisins et recouvrants**, qu'aux régions d'*amont* du cours d'eau dans la vallée duquel s'observent les dites grottes.

De tels apports *verticaux*, dûment constatés comme tels, depuis ces dernières années, pour un grand nombre de nos grottes belges, n'ont donc rien de commun avec les apports et les inondations de la rivière elle-même, qui n'a agi comme véhicule que dans des cas relativement rares et d'une haute antiquité, généralement antérieurs au dépôt des formations ossifères.

On peut signaler encore — ainsi que cela a été constaté dans une nombreuse série de cavernes classiques de la rive droite de la Lesse — que les *argiles rouges de décomposition calcaire* ont été remaniées et mélangées de sable et de limons à blocaux, qu'il semble, parfois bien difficile également, à cause de leur nature et de leur disposition, de rapporter généralement, comme le voudrait M. Dupont, à la rivière ayant façonné la vallée principale. Ces cavernes devaient souvent et doivent parfois encore servir de canaux et de débouché à des afflux, adventifs ou latéraux, de ruissellement interne, ou à des aiguigeois de plateau ayant représenté et représentant encore, les uns les ruisseaux et cours d'eau engouffrés, les autres les eaux de ruissellement torrentiel et pluvial, avidement bues par le calcaire, par la voie de ses fentes, failles, cassures et canaux : multiples conducteurs anastomosés des eaux de surfaces chargées de limons et de dépôts meubles de toute espèce.

Quelques mots au sujet des progrès récents de la science en ce qui concerne le mode de remplissage des cavernes.

Comme on vient de le voir, je me sépare ici nettement de M. *Éd. Dupont* dont, à l'exemple de nombreux confrères, plus autorisés que moi en la matière, je ne puis plus actuellement admettre comme fondée

la thèse sur le mode de remplissage des cavernes et sur la corrélation d'âge et d'origine qu'il a voulu établir entre les dépôts de celles-ci et les sédiments fluviaux extérieurs.

Comme il y a peu d'années encore, au *Congrès d'anthropologie et d'archéologie préhistorique de Paris*, en 1889, je n'étais nullement rallié aux vues, nouvelles pour moi, que présentait alors en ce sens M. Max Lohest, en opposition à celles de M. Dupont (voir pp. 68-69 et 72-73 des « Communications et Discussions » dans le *Compte-Rendu du Congrès*), je me crois obligé de signaler que l'évolution qui s'est opérée dans mon esprit a été amenée par l'exposé méthodique, accompagné de faits précis et concordants, que de nombreux auteurs, qui se sont occupés de l'âge et du remplissage des cavernes, ont fait, tant en Belgique qu'à l'étranger, des éléments nouveaux de la question.

Déjà Desnoyers en 1849 (1), W. Boyd Dawkins, en 1862 (2) et enfin Fraas, en 1872 (3), avaient, pour des grottes étudiées en France, en Angleterre et même en Belgique (trous Magrite et du Frontal), montré que la *circulation souterraine des eaux sauvages des plateaux* pouvait, concurremment avec des actions locales internes, amener dans l'intérieur des grottes des sédiments terreux et meubles divers, que l'on croyait naguère uniquement apportés par les crues et alluvionnements des cours d'eau.

Plus récemment, M. Noulet (4), dans l'Ariège, a montré l'identité des matériaux de remplissage : blocs rocheux, cailloux, sables d'une caverne de cette contrée, avec les matériaux du plateau recouvrant.

C'est en 1886 que la thèse de M. Dupont fut pour la première fois combattue en Belgique, du moins après les observations préliminaires de Fraas, émises au Congrès de Bruxelles. MM. J. Fraipont et Max Lohest, dans deux Mémoires consacrés aux découvertes faites par eux à la grotte de Spy (5) ont rattaché à l'action des eaux pluviales s'infiltrant

(1) Article : *Grottes* dans le Dict. d'Hist. Nat. de d'Orbigny, Paris, 1849, p. 371.

(2) *On a Hyæna-den at Wookey-Hole, near Wells. Q. J. G. S.*, 1862, Londres, p. 115.

(3) *Sur le remplissage des cavernes.* (Congrès intern. d'Anthrop. de Bruxelles, 1872, p. 151.)

(4) *Cavernes de l'Ombrie (Ariège)*, Lyon, 1882.

(5) *La race humaine de Néanderthal ou de Canstadt, en Belgique*, par J. FRAIPONT et MAX. LOHEST. (Bull. Acad. roy. de Sciences de Belgique, 3^e série, t. XII, n° 12, 1886, voir pp. 32-39 du tiré à part.)

Idem. — *Recherches ethnographiques sur des ossements humains, découverts dans des dépôts quaternaires d'une grotte à Spy et détermination de leur âge géologique* par J. FRAIPONT et MAX LOHEST. (Archives de Biologie, t. VII, 1887, pp. 587-757, pl. 17 à 20, voir pp. 682 à 692.)

dans les roches calcaires et y donnant naissance à des circulations d'eau souterraines, l'origine de la formation des grottes et en ont rationnellement conclu : 1° que les grottes ne peuvent nullement être considérées comme antérieures au creusement des vallées, 2° que la hauteur des grottes au-dessus du fond des vallées ne peut constituer un facteur déterminatif de leur âge.

Ces travaux toutefois n'avaient pas suffisamment attiré mon attention, absorbée par le domaine de la géologie tertiaire, lorsqu'au Congrès de Paris, en 1889, je me refusai à admettre les vues, nouvelles pour moi, exposées par M. Lohest. Mais, depuis 1888 jusqu'à nos jours, les études se sont rapidement succédé et MM. *Boule* en France (1) *Fraipont* et *Tihon* en Belgique (2) ainsi que les observations de nombreux fouilleurs de cavernes tels que MM. *J. Braconier*, *P. Destinez*, *M. de Puydt* et *Max Lohest* ont mis **définitivement hors de doute**, après l'examen soigneux de plus d'une trentaine de grottes belges, que le remplissage des cavernes *par voie verticale* et sous l'influence du *ruissellement des plateaux* calcaires recouvrants, constitue, avec l'apport dû aux actions locales internes (dissolution et causes atmosphériques), la *règle générale*, tandis que l'alluvionnement fluvial paraît constituer l'infime exception.

Il est à remarquer qu'une telle action de ruissellement et d'apport vertical avait, dès 1872, été reconnue par *Fraas* jusque dans certaines cavernes de la Lesse, que M. Dupont avait cependant présentées comme bases de son argumentation en faveur de la corrélation sédimentaire avec des dépôts fluviaux extérieurs.

Dans une quinzaine de grottes de la vallée de la Méhaigne fouillées par MM. *Fraipont* et *Tihon*, il a été reconnu que ni cailloux roulés, ni limons stratifiés ou non, ni limons blocailleux ou autres ne pouvaient représenter les alluvions anciennes de la rivière.

Il y a dans ces travaux de nos confrères : MM. *Boule*, *Fraipont*, *Tihon* et *Lohest* un ensemble de **faits précis**, indiscutables comme portée, qui n'auront pu manquer de frapper M. Dupont et lui auront sans doute fait virtuellement abandonner ses vues, bien que jusqu'à

(1) *Matériaux pour l'histoire primitive de l'homme*, 3^e série, t. V. p. 406 (1888). (Bull. Soc. philomatique de Paris, 8^e série, t. I. p. 83, 1889.) — *La Grotte de Reinbach*, Lyon (1889). — *Note sur le remplissage des cavernes*, (L'Anthropologie, 1892.)

(2) *Explorations scientifiques des cavernes de la Vallée de la Méhaigne*, par J. FRAIPONT et F. TIHON. (Mém. cour. et autres Mém. de l'Acad. roy. des Sciences de Belgique, t. 43, 1889.)

Idem. Deuxième communication. — *Ibid.*, t. 44, 1896 (reçu pendant l'impression de la présente étude).

Les cavernes et leurs habitants, par J. FRAIPONT, Paris, 1896 (Bibl. scient. cont.) (Id.)

présent il se soit borné à ne modifier ouvertement de ses thèses antérieures que celle qui tendait à établir une corrélation entre l'âge des cavernes et leur hauteur et celle qui avait trait à l'origine de l'argile rouge (1).

Il y a lieu de remarquer que les thèses, alors nouvelles et toutes personnelles, que soutenait, il y a 30 ans, M. Éd. Dupont au sujet du classement des dépôts des cavernes et de leurs relations avec le terrain quaternaire extérieur de la Lesse et de la Meuse (2) avaient laissé assez sceptiques les savants commissaires chargés d'examiner le travail. L'un d'eux, M. d'Omalius, regrettait le manque de faits paléontologiques et archéologiques en faveur de ces vues et considérait que les rapprochements stratigraphiques proposés par M. Dupont n'étaient « pas suffisamment appuyés pour qu'ils pussent être considérés comme définitivement acquis à la science » ; l'autre, M. Van Beneden, tout en admettant qu'il y avait là des rapprochements heureux, était d'accord avec son collègue pour dire que l'étude présentée à l'Académie contenait « des vues un peu hasardées et non suffisamment étayées de faits ». Il dit aussi dans son rapport : « M. Dupont a si bien rattaché le dépôt quaternaire des grottes, souvent si tumultueusement désordonné, au dépôt paisible et comparativement régulier des vallées et des plateaux, que je serais tenté de le regretter, si par hasard, les travaux ultérieurs faisaient crouler ce bel échafaudage » (3).

Si je cite ces appréciations, si foncièrement sceptiques, des deux illustres savants belges chargés d'examiner les vues de M. Dupont, c'est parce qu'elles me mettent plus à l'aise pour signaler aujourd'hui, en combattant incidemment ici les vues de cet auteur, que ce qui fait précisément la force de l'argumentation contraire défendue par MM. Fraas, Boule, Fraipont, Lohest, Tihon et d'autres encore, c'est un ensemble concordant de faits précis et irréfutables, à l'appui de la thèse nouvelle à laquelle je me suis rallié et à laquelle on doit espérer, me semble-t-il, voir M. Dupont se rallier à son tour, comme il l'a déjà fait pour les deux points de vue signalés plus haut.

Je dois ajouter que la circonstance qui m'a récemment amené à m'occuper de ce sujet intéressant du remplissage des cavernes, en relation si intime avec la question d'origine de celles-ci et du mode de

(1) Voir *Bull. Soc. belge de Géologie (loc. cit.)*, t. VII (1893). Mém., pp. 204 à 206 et 213 à 214.

(2) *Étude sur le terrain quaternaire des vallées de la Meuse et de la Lesse dans la province de Namur*, par Éd. DUPONT. (Bull. Acad. roy. de Sciences de Belgique, 2^e série, t. XXI, n^o 5.)

(3) *Rapports de MM. d'Omalius et Van Beneden*, sur le travail précédent. (Bull. Acad. roy. des Sciences de Belgique, 2^e série, t. XXI, 1866, n^o 3, pp. 203-206.)

circulation des eaux sauvages, pluviales et torrentielles, dans les fentes et conduits naturels des massifs calcaires, a été la lecture, toute fortuite, de la dernière étude (*Notes sur le remplissage des cavernes*), publiée en 1892, par M. *Boule*, sur la matière en question.

Désireux d'approfondir le sujet, dont je constatai immédiatement les relations avec la question traitée ici, je me suis récemment adressé à M. le Professeur *J. Fraipont*, qui a eu l'obligeance de m'envoyer ses tout derniers travaux, parus après la présentation, mais avant l'impression de la présente étude.

Je me suis autorisé — un peu irrégulièrement peut-être — de cette circonstance pour compléter mon texte et tirer ainsi parti de ces études nouvelles et appuyer mes vues personnelles de l'expérience de spécialistes dont il se fait que je partage entièrement la manière de voir, basée sur de nombreuses séries de faits concordants, tant à l'étranger qu'en Belgique.

C'est la remarquable étude de M. *Marcelin Boule* intitulée : *Notes sur le remplissage des cavernes*, qui me paraît synthétiser le mieux, ou du moins de la manière la plus générale, la question évoquée par ce titre. Aussi je me permettrai de résumer brièvement son travail. Cet auteur, d'accord en cela avec MM. *Fraipont*, *Tihon*, *Lohest* et bien d'autres, signale que les progrès accomplis depuis ces dernières années dans l'étude des terrains quaternaires ne permettent plus de continuer à attribuer un rôle important ni aux « courants diluviens » ni aux grandes inondations quaternaires comme facteurs du remplissage des grottes à limons ossifères. Il combat, avec d'excellents arguments de fait, l'analogie que M. *Dupont* et quelques rares auteurs ont cherché à établir entre les dépôts de l'intérieur des cavités souterraines et les dépôts alluviaux de l'extérieur, et il s'élève aussi contre cette conséquence que les dits auteurs en tiraient en déclarant que l'âge des dépôts ossifères des cavernes est d'autant plus ancien que leur niveau est plus élevé au-dessus des cours d'eau actuels.

J'ai rappelé tantôt que, depuis 1893, M. *Dupont* paraît toutefois avoir renoncé à cette dernière vue, qui peut donc être considérée comme définitivement abandonnée.

M. *Boule* montre enfin, par des observations précises sur le mode d'introduction limoneuse et argileuse qu'il met en lumière — et qui paraît bien être la *vraie caractéristique* du remplissage des cavernes à sédiments ossifères, — que l'on ne peut continuer à soutenir, en thèse générale, que l'ouverture et le remplissage des grottes sont contemporains du creusement des vallées.

C'est à une action lente et assez continue, d'infiltrations d'eaux soit terreuses ou boueuses, soit chargées d'argile rouge de décomposition,

parfois aussi, mais plus exceptionnellement, de sédiments plus grossiers : sables, graviers et cailloux, — infiltration qui s'opère tant par ruissellement externe et interne que par la voie des fissures, canaux, aiguëois et multiples cavités communicantes des massifs calcaires, — c'est, dis-je, à cette action, toute spéciale et trop souvent méconnue jusqu'ici, que M. *Boule*, comme nos confrères belges précités, attribue *la majeure partie* des éléments de remplissage des cavernes ossifères, dont il distingue d'ailleurs les dépôts caractéristiques des alluvions fluviales stratifiées anciennes, caillouteuses, graveleuses et sableuses — nullement ossifères celles-ci — qui constituent, mais bien plus rarement, le substratum des premiers et les vestiges reculés d'anciens cours d'eau souterrains. Les actions atmosphériques et chimiques internes complètent, bien entendu, l'action du remplissage et en constituent le second facteur.

La coupe que fournit, entre autres, M. *Boule*, de la salle dite des Crevasses, dans la grotte de Gargas (Hautes-Pyrénées) est fort démonstrative à ce double point de vue, et elle montre en même temps qu'à une époque reculée de l'érosion ayant creusé la vallée, il y avait, à d'assez hauts niveaux, une rivière souterraine, d'une plus grande antiquité que la période de remplissage des cavernes par les limons ossifères.

L'examen et l'analyse attentive faits par l'auteur des travaux de M. *Dupont* sur les cavernes de Belgique lui ont permis, dit-il, d'interpréter sans difficulté, suivant ses vues, les faits exposés par le géologue belge, dont les idées théoriques sont cependant, dit M. *Boule*, en contradiction à peu près absolue avec la thèse défendue par l'auteur de ces intéressantes observations. Il en résulte donc que MM. *Boule*, *Fraas*, *Fraipont*, *Lohest*, *Tihon*, et d'autres encore, sont bien d'accord pour attribuer aux cavernes de la Lesse et de la Meuse un mode de remplissage n'ayant rien de commun avec les phénomènes de l'alluvionnement des vallées.

Les causes premières de l'évolution fluviale et des variations de régime hydrographique superficiel et souterrain.

Il me paraît difficile, dans cette étude amenée par ma réponse aux critiques de M. *Flamache*, de passer sous silence le **facteur originel** qui a régi naguère l'évolution du réseau hydrographique, tant superficiel que souterrain, dont les vestiges internes ont été partiellement conservés sous forme de grottes, tant sur les flancs des vallées que dans le massif calcaire des plateaux séparatifs, et dont les sédiments caillouteux et sableux à allure fluviale sont parfois conservés eux-mêmes, comme dans la grotte de Gargas et comme en certaines cavernes belges.

Ce facteur, j'y ai déjà fait clairement allusion p. 391, en parlant des différences du régime orographique ancien avec les conditions actuelles de relief du sol. Je l'identifie tout entier, je m'empresse de le dire, avec cette action encore mystérieuse, mais indéniable, des *grands mouvements séculaires* du sol, dont l'étude rationnelle et complète reste encore à faire. Ce sont ces mouvements de lentes oscillations : relèvement et abaissement régionaux, qui ont, dans nos plaines, modifié si profondément l'orographie et l'hydrographie de nos régions depuis les débuts de la période quaternaire jusqu'à nos jours.

Les preuves de tels mouvements ne consistent pas seulement dans le fait que le creusement de certaines de nos vallées s'est effectué dans des conditions qui, sans ce facteur orogénique, seraient *contraires aux lois de la physique* : telle la traversée, en aval, de massifs actuellement plus élevés que les régions d'amont, ou même que les lieux d'origine des cours d'eau, mais encore et surtout dans les incontestables *déplacements géographiques* des cours d'eau pendant et depuis la période quaternaire, déplacements qui ont parfois fait passer d'un bassin dans un autre des affluents entraînés, dans leur action érosive, par ces mouvements du sol.

Les résultats concordants, relatifs au Rhin, à la Moselle, à la Meuse et à l'Escaut, si bien mis en lumière par MM. Schumacher (1), Grebe (2), Wohlgemuth (3), Lorié (4) et Van Overloop (5) en ce qui

(1) E. SCHUMACHER, *Die natürliche entwicklung des Strassburger Landes*, br. gr. in-8°, 52 p., 3 pl. (Extr. de *Strassburg und Seine Bauten*. Strassbourg, 1894.)

(2) *Ueber Thalbildung auf der linken Rheinseite, insbesondere über die Bildung des untern Nahethales* von H. GREBE. — Jahrb. d. k. preuss. geol. Landesanstalt für 1885. Berlin, 1886, pp. 133-164, pl. III et IV. (Voir l'intéressante analyse de cette étude, publiée par M. H. FORIR, sous le titre : *De la formation des vallées de la rive gauche du Rhin et particulièrement de la vallée de la Nahe*, dans la BIBLIOGRAPHIE du tome XIV (1885) des Annales de la Société géologique de Belgique.)

(3) WOHLGEMUTH. *Sur la cause du changement de lit de la Moselle, ancien affluent de la Meuse*. Association française pour l'avancement des sciences. Session de Paris, 1889, pp. 403-408. Voir aussi, pour ce qui concerne la dérivation de la *Toul* de l'ancien réseau moséen, au profit du Rhin, les travaux de *Boblaye* (1829), *Buvignier* (1852), *Husson* (1864), et *Godron* (1896) qui, sans aborder le fond de la question au point de vue géologique, ont signalé la présence des galets de la *Toul* (actuellement haute Moselle) dans la région d'amont de la Meuse.

(4) *Les Métamorphoses de l'Escaut et de la Meuse*, par J. LORIÉ (traduction modifiée et revue d'un mémoire en néerlandais, publié dans le *Journal de la Société de Géographie des Pays-Bas* (1894). — Bull. Soc. belge de Géologie, t. IX, 1895. Mém., pp. 50-77, pl. III et IV.

(5) *Les Origines du bassin supérieur de l'Escaut*, avec une planche et deux cartes, par EUGÈNE VAN OVERLOOP, 1 vol. in-8°. Hayez, 1889.

concerne les déplacements de ces cours d'eau ; ceux obtenus et exposés tout dernièrement par M. Davis (1) en ce qui concerne toute la vaste région arrosée par la Seine, la Meuse et la Moselle, tout cet ensemble de faits si hautement intéressants, si frappants — quoique encore à peine connus et appréciés chez nous — montre l'existence réelle de telles influences générales dans nos plaines et leur rôle inévitable dans l'évolution comme dans les variations de leur régime hydrographique, qui naturellement devait se modifier d'après les états successifs d'*altitude* et de *pente* du sol et du *thalweg* des cours d'eau.

De même que les eaux courantes superficielles se sont localisées et abaissées de plus en plus jusqu'au fond actuel des vallées, de même ainsi les *tributaires souterrains* de ces rivières et les zones d'infiltration de l'ancien lacis circulatoire des massifs calcaires ont eu leurs étages et canaux supérieurs abandonnés successivement pour des zones plus basses, où se localise actuellement, avec des proportions mutuelles, variables selon les circonstances, la double action mécanique et chimique qui perpétue, dans les profondeurs, le travail qu'elle a édifié naguère plus haut au sein des massifs calcaires ; travail dont les grottes et cavernes inaccessibles aux eaux du régime hydrographique moderne sont les irrécusables témoins.

Ceci m'amène à *préciser* ma pensée en ce qui concerne l'âge relatif des cavernes considérées au point de vue de leur *hauteur* au-dessus d'une vallée donnée. Il est certain qu'il faut abandonner la thèse, trop absolue, autrefois défendue par M. Dupont, et qu'il y a lieu de reconnaître que des grottes peuvent avoir été creusées ou élargies à *divers niveaux indifféremment* après le creusement plus ou moins total des vallées. Mais il y a lieu, me paraît-il, de ne pas généraliser d'une manière trop absolue en un sens contraire aux vues naguère développées par M. Dupont et d'admettre, de même que le cours d'eau extérieur le plus élevé, qui a commencé à façonner le sillon descendant de la vallée, devait être plus ancien que celui qui a parachevé le dit sillon, de même aussi *un certain nombre* de grottes au moins, qui

Les Origines du bassin inférieur de l'Escaut, avec une planche et une carte par EUG. VAN OVERLOOP, 1 vol. in-8°, Hayez, 1889.

Le texte de ces deux brochures a été refondu en une seule étude, publiée en 1890 comme annexe au Bull. de la Société belge de Géologie, sous le titre : *Les Origines du bassin de l'Escaut*. Une planche et deux cartes, Bruxelles, Hayez, 1890.

Quelques mots de rappel au sujet de l'hydrologie du bassin de l'Escaut, par EUG. VAN OVERLOOP. — Bull. Soc. belge de Géologie, t. IX, 1895. Bull. d. séances (4 juin 1895), pp. 71-76.

(1) *La Seine, la Meuse et la Moselle*, par W. M. DAVIS. — Annales de géographie. Paris, 5^e année, n° 19 du 15 octobre 1895 (pp. 24-59).

représentaient les affluents souterrains successifs pendant la phase graduelle de descente du régime hydrographique découvert et souterrain, peuvent devoir leur étayement et leur âge correspondant à une localisation *successivement rabaissée* des phénomènes d'écoulement fluvial. On peut donc admettre en principe qu'il peut subsister de la thèse primitive de M. Dupont certaines applications, dont l'observation ultérieure des faits est appelée à fournir la mesure exacte.

L'argile rouge, résidu de la dissolution du calcaire, et la base d'argumentation qu'elle fournit à M. Flamache.

L'argile rouge, résidu de la dissolution du calcaire, ne pouvait manquer d'attirer l'attention de M. Flamache dans une étude où l'attaque de la roche calcaire fournit l'objet d'une thèse critique aussi développée. Mais lui fournit-elle une base d'argumentation plus solide que les précédentes? C'est ce que nous allons examiner.

M. Flamache reconnaît que cette argile rouge se rencontre abondamment sur les plateaux, d'où elle provient à l'évidence de la dissolution du calcaire superficiel par les eaux acidules. Donc, aucune contestation sur l'origine de l'argile. Mais, examinant le cas des cavernes isolées et à mi-côtes — dont le Trou des Nutons, dans la vallée de la Lesse, lui semble représenter un bon type — mon honorable contradicteur fait remarquer que ces cavernes possèdent des *couches épaisses* de cette argile rouge, reliquat de la décomposition du calcaire, qui par lui-même, dit-il, contient moins de 5 % d'argile.

L'auteur dit ensuite : « D'après la théorie de M. Dupont (la théorie exclusivement chimique), l'argile rouge rencontrée dans une de ces cavernes ne peut provenir que du résidu de la seule masse calcaire de cette caverne; car le mode d'amenée de l'eau exclut tout apport non dissous. Or, en admettant que cette argile ait la densité du calcaire, ce qui n'est pas loin de la vérité, chaque mètre de hauteur du dépôt argileux représente la dissolution de vingt mètres au moins de calcaire. Le Trou des Nutons (1) contient *cinq ou six mètres d'épaisseur d'argile*. On ne peut donc prétendre que le Trou des Nutons ait fourni seul ce résidu. Dès lors il y a apport; ce qui exclut la filtration des eaux.

Voilà, en tout et pour tout, à quoi se réduit l'argument présenté par M. Flamache, au sujet de l'argile rouge des cavernes, et voilà l'*unique fait* sur lequel il base sa troisième conclusion *générale*, rappelée en

(1) La hauteur du Trou des Nutons est d'environ 17 mètres au maximum.

tête de la présente notice : « L'argile de dissolution trouvée dans les cavernes ne peut provenir exclusivement de leur masse. Elle a été apportée par des courants. »

Le débat va prendre ici une allure assez curieuse. Si, pour ce qui concerne la présence d'apports non chimiques dans le Trou des Nutons et dans d'autres cavernes encore, je suis d'accord avec M. Flamache — qui est cependant tombé ici dans une erreur d'appréciation sur l'épaisseur de l'argile rouge — je dois combattre son mode d'argumentation et sa généralisation, qui montrent que notre estimable collègue n'a guère fait appel aux vraies méthodes d'investigation scientifique.

D'abord il aurait pu se dire que le cul-de-sac constitué par le Trou des Nutons n'est vraisemblablement que le dernier vestige, excentrique ou latéral, d'une caverne *plus étendue*, dont la majeure partie occupait naguère une partie de l'espace actuellement englobé dans l'immense cavité ou sillon de la vallée ; dès lors l'argile rouge accumulée en ce recoin, qui pouvait être plus bas que le reste, peut, sans difficulté — même en admettant la thèse de M. Dupont d'une érosion purement chimique — représenter le résidu au vingtième, d'un massif dissous, *infinitement plus considérable* que le vestige de cavité aujourd'hui respecté par l'érosion de la vallée. C'est dire que tout calcul proportionnel devient un simple *jeu d'esprit*, sans fondement assuré, sans valeur scientifique, faute de pouvoir apprécier exactement à *quel cube de calcaire réellement dissous* correspond la masse observée d'argile rouge.

Admettons toutefois l'hypothèse invraisemblable que le Trou des Nutons représenterait une caverne complète, ou n'ayant guère eu d'extension latérale primitive. Comment et sur quelles bases M. Flamache établit-il son appréciation ? Il a examiné une figure schématique fournie par M. Dupont, un simple *croquis* de la caverne des Nutons ayant pour but de figurer, sans détail, la superposition et les relations mutuelles des dépôts que renferme la dite caverne. Ce diagramme de M. Dupont (voir *Bull. Soc. belge de Géologie*, tome VII, 1893, p. 215) renvoie le lecteur à la figure originale, détaillée, publiée par le même auteur dans le tome XX (1865) de la 2^e *Série* du *Bulletin de l'Académie royale des sciences de Belgique* (voir p. 824).

Si M. Flamache, avant d'établir un calcul réclamant une certaine précision dans ses données, s'était donné la peine de recourir à *la coupe détaillée originale*, il aurait constaté que l'observation directe, due aux fouilles naguère pratiquées dans le Trou des Nutons, n'a fait rencontrer que 2^m.50 d'épaisseur au *maximum* d'argile rouge, au lieu des 5 à 6 mètres que lui attribue M. Flamache. De plus, le fait que

cette argile est interstratifiée de sable, et a donc été remanié mécaniquement par des eaux ruisselantes ou courantes, ou bien ne s'est produite que pendant des périodes alternantes et interrompues, a été parfaitement mis en lumière par M. Dupont; ce fait s'oppose à laisser prendre cette argile comme étalon des mesures proportionnelles entre le volume du résidu d'altération du calcaire et la masse dissoute de celui-ci.

On voit donc que si d'une part M. Flamache peut avoir raison, contre M. Dupont, de ne pas considérer le Trou des Nutons comme dérivant uniquement d'un processus d'ablation chimique, il a eu tort de se servir, avec des données dont il a plus que doublé la valeur numérique réelle, d'un si mauvais exemple pour baser *sur lui seul* cette généralisation erronée que, en principe, l'argile de dissolution trouvée dans les cavernes ne peut provenir exclusivement de la masse de calcaire ayant servi à former celle-ci.

Il y a tant d'autres cavernes, bien mieux conditionnées que le Trou des Nutons pour l'étude, intéressante certainement, du rapport cherché et qui eussent pu fournir à M. Flamache des données autrement précises et où, en particulier, les dimensions réelles de la cavité en jeu ne présentent pas l'aléa considérable qui permet de considérer le Trou actuel des Nutons comme un simple vestige de caverne étendue. Dans les travaux anciens de M. Dupont, assurément publiés sans parti pris ni idée préconçue sur le point en débat — puisqu'à cette époque l'argile rouge, dont j'ai, en 1880, fait connaître la véritable signification, était encore alors attribuée à une action geysérienne, ou d'origine interne et filonienne, — M. Flamache aurait pu s'éclairer plus sérieusement sur les proportions moyennes et générales que prend le volume du résidu d'argile rouge par rapport à la masse calcaire enlevée pour constituer la caverne. C'est ainsi que dans le *Trou de la Naulette*, caverne haute de 9 mètres en certaines parties, et de 13 mètres en d'autres, le plancher calcaire de la grotte ne contenait qu'une couche d'environ 0^m.25 d'argile rouge. Ceci représente, pour les régions hautes de 9 mètres, 1/36^e et pour celles hautes de 13 mètres, 1/52^e de résidu. Nous voici donc bien en dessous de la proportion de 1/20 qui est admise par M. Flamache pour accorder au résidu une origine purement chimique.

Dans le *Trou du Sureau*, haut de 17 mètres, il n'y avait qu'une couche, assez localisée encore, de 0^m.50 d'argile rouge; ce qui représente 1/34^e de la hauteur dissoute, dans l'hypothèse d'une action purement chimique. Dans le *Trou du Chêne*, il n'y en avait guère que 0^m.15 à 0^m.20. Dans le *Trou du Frontal* enfin, haut de 20 mètres et où l'origine purement chimique de la grotte aurait, suivant la formule de

1/20^e admise par M. Flamache, pu amener l'accumulation normale d'un mètre d'argile rouge, il n'y en avait que des *traces*, sans épaisseur appréciable. C'est assez dire qu'il serait puéril de vouloir s'attacher à des calculs de ce genre, faussés par l'action de multiples agents, notamment par l'ablation ultérieure d'une partie des résidus de dissolution et surtout par des actions sédimentaires fluviales ou *d'écoulement souterrain ancien* et moderne, ayant remanié et altéré les rapports proportionnels réels des divers dépôts étudiés.

C'est ainsi que dans certaines cavernes, surtout localisées le long de la rive droite de la Lesse, l'argile rouge est plus développée, comme dans les Trous des Nutons, de Furfooz et de Chaleux par exemple, que dans les cavernes citées plus haut ; mais alors ces argiles sont interstratifiées ou mélangées de sables et de cailloux roulés, indiquant nettement des actions, soit de ruissellements et d'infiltrations internes, soit peut-être de remaniements mécaniques ultérieurs, à déterminer.

Sur ce *point spécial* donc, malgré l'inexactitude de son raisonnement et de ses conclusions, M. Flamache est dans le vrai en combattant la théorie uniquement chimique de M. Dupont, quand il nous dit que certaines grottes ont pu être remaniées et mécaniquement agrandies par l'eau courante.

Mais en ce qui concerne le *fond essentiel* de sa théorie, qui consiste à voir dans les *eaux courantes* souterraines le facteur *unique* de la formation et de l'élargissement des cavités, galeries et cavernes du calcaire, nous avons vu qu'**aucune partie de son argumentation ni de ses exemples** n'a résisté à l'analyse que nous venons d'en faire. Successivement ses six ordres de faits, rencontrés tantôt, son dispositif expérimental et ses observations sur l'argile rouge de dissolution se sont effondrés devant l'examen consciencieux, et dépourvu de tout parti pris, qui vient d'en être fait.

Résumé sur le mode d'argumentation de M. Flamache.

L'erreur de M. Flamache provient, comme je le disais en commençant, d'un malentendu, dont une question de mots fait en grande partie le fond.

Fermant les yeux sur ce qui se passe dans les profondeurs des massifs calcaires, où existent et agissent, armés de tout leur pouvoir chimique, des eaux d'infiltration, amenées dans ces niveaux inférieurs par l'engouffrement des eaux de ruissellement, des eaux temporaires et fluviales, descendant rapidement et par de larges canaux : aiguigeois, failles et grandes dislocations des massifs calcaires, M. Flamache n'a

eu en vue, comme eaux d'infiltration, que celles qui imprègnent, par descente lente et pour ainsi dire capillaire, la zone superficielle, où l'action chimique est intense et localisée, comme il le dit, sur quelques mètres principalement. Mais qui a jamais songé à attribuer à ces eaux superficielles, d'infiltration lente et d'action toute localisée, la formation des cavités et des grottes situées dans les profondeurs des massifs calcaires ?

Tout le raisonnement de mon honorable contradicteur est cependant localisé dans l'examen de ce qui se passe à *la surface* des massifs calcaires ; action qui n'a *aucun rapport direct* avec le processus de formation des cavernes.

Un apologue.

Qu'un petit apologue me soit permis, qui fera bien saisir la situation.

Sous un toit abandonné, disloqué par l'ouragan, un plafond reçoit les averses ; il est percé : l'eau ruisselle d'étage en étage et inonde la maison ; trous, cavités et moisissures envahissantes ne manquent pas de se produire jusque dans le rez-de-chaussée, sous l'action désagrégeante du temps et de l'humidité combinés. De ce toit un expert, appelé à examiner ce qui est arrivé, étudie, examine *les tuiles* et ce qui se passe sur chacune d'elles. Il y localise toute son attention et observe bien d'ailleurs. De ce que les gouttes d'eau qu'il voit tomber sur ces tuiles n'en imprègnent qu'une minime épaisseur et ne parviennent pas, quand il pleut, à humecter ni à affecter la face inférieure des dites tuiles, l'expert conclut et s'en va déclarant au propriétaire étonné, qu'il est *impossible*, vu l'arrêt superficiel de l'action de l'eau pluviale sur les tuiles, que des dégâts intérieurs, des actions corrosives et malfaisantes aient pu se produire par l'action de cette même eau de pluie au sein du bâtiment...

Les *tuiles* représentent la zone superficielle des massifs calcaires, que mouille l'infiltration des eaux pluviales ; l'*expert* c'est M. Flamache, qui a localisé toute son attention sur cette zone de surface ; les *interstices* entre les tuiles, qui permettent le ruissellement intérieur, ce sont les *aiguigéois, bétoires, failles, et fentes accidentelles* des massifs calcaires, qui permettent la pénétration d'abord rapide, et localisée au sein de ceux-ci, des eaux qui descendent ensuite, subdivisées et ralenties, transformées alors en eaux filtrantes, restées armées de tout leur pouvoir chimique.

Si l'exemple est quelque peu trivial peut-être, la comparaison me paraît singulièrement justifiée.

Pour en finir avec la première partie du travail de M. Flamache, je puis conclure en disant que des « trois objections sérieuses » rappelées en tête de la présente étude, objections que mon honorable contradicteur a crues *irréfutables* contre la théorie qui avance que les cavités observées dans le calcaire ont été formées par de l'eau acidule filtrante, aucune n'a résisté à l'analyse impartiale des faits, et ce qui ressort le plus clairement de cette défaite de l'action *exclusivement mécanique*, défendue par M. Flamache, c'est que la thèse de l'action *purement chimique*, défendue par M. Dupont, ne saurait, à elle seule non plus, la remplacer pour expliquer tous les faits observés. La vérité paraît résider dans l'adoption de la thèse *physico-chimique*, qui tient compte des facteurs multiples et variables qui entrent en jeu dans la formation des cavernes.

C'est bien à tort que M. Flamache m'attribue la paternité de cette thèse, car en la défendant je crois simplement me faire l'organe d'un nombreux groupe d'observateurs qui, sans idée préconçue, tiennent compte des faits et constatent la diversité des facteurs qui entrent en jeu dans cette question du mode de formation et d'agrandissement des grottes et des cavités souterraines.

Examen de la partie théorique du travail de M. Flamache.

J'arrive maintenant au second point de la communication de M. Flamache : son exposé « d'une théorie, peut-être hasardée, pour expliquer, sans intervention nécessaire de l'action chimique profonde des eaux filtrantes, la formation de cavités dans les roches. »

L'auteur ne nie pas cette action chimique, principalement dans les calcaires, mais il la croit superficielle. Il avoue qu'une grosse objection l'attend toutefois. On lui demandera comment, si l'on abandonne l'action chimique comme facteur principal, on pourra expliquer que *les grottes ne se rencontrent que dans les terrains calcaires ?*

Voyons en effet comment il répond à cette question toute naturelle.

M. Flamache nous dit : « A cela je réponds *que je n'en sais rien.* » Après ceci la cause pourrait être considérée comme entendue ; mais continuons à suivre le raisonnement de notre contradicteur, fort embarrassé cette fois !

« Il est fort difficile, dit-il, de réfuter une objection négative et je pourrais répondre par une objection du même genre en disant : si l'action chimique de l'eau acidule filtrante sur le calcaire est le seul facteur du phénomène, comment expliquez-vous que la *moindre* fissure dans *tout* calcaire ne devienne pas le siège d'une cavité ? »

A la réponse : je n'en sais rien, que M. Flamache se voit forcé de donner lorsqu'il méconnaît l'action chimique en profondeur, il est intéressant d'opposer le fait que c'est précisément **parce que c'est SEULEMENT dans le calcaire** qu'une telle action chimique est POSSIBLE, que l'on ne constate pas de grottes dans les schistes, dans les grès, dans les granites, dans les psammites et dans toutes les autres roches en général, où elles ne constituent tout au moins qu'une infime exception et sont alors dues à d'autres causes.

Le contraste des deux réponses paraîtra sans doute frappant comme criterium de la valeur de l'argumentation !

Puisque l'auteur remplace par un artifice oratoire la réponse à la demande qu'il s'est faite infructueusement, répondons pour lui à la seconde question, derrière laquelle il croit victorieusement retrancher son impossibilité de résoudre la première.

Oui, toute fissure dans le terrain calcaire *est* ou *sera* le siège d'une cavité (agrandissement ou caverne : ceci n'est qu'une question de quantité). Il n'y a même à cela aucun doute, mais pour que ce processus puisse s'effectuer, il faut naturellement aussi que l'eau d'infiltration puisse agir. Dès que celle-ci sera mise en présence de la fissure, elle agira, et l'élargissement, la cavité si l'on veut, se formera. De même, au point de vue mécanique, toute roche, quelque dure qu'elle soit, peut être creusée, érodée, affouillée en sillon torrentiel, puis en vallée, par un flux d'eau courante : mais tant que le torrent ne sera pas mis en contact avec la roche en vue, celle-ci naturellement ne pourra être excavée.

Quelques secondes avant qu'éclata l'orage de mai 1865, dont les conséquences ont été si bien décrites naguère par M. Éd. Dupont (1), les dures roches calcaro-siliceuses du ravin de Falmigneul, près Dinant, offraient au torrent dévastateur qui s'y précipita avec furie, un plancher rocheux de 3 à 4 mètres plus relevé que celui constaté par M. Dupont après le dit orage, soit quelques heures plus tard. Le dit ravin, profond de 70 mètres, a été tout entier, suivant M. Dupont, creusé de la sorte depuis l'époque quaternaire (2). Les facteurs d'ablation, qu'ils soient mécaniques ou chimiques, n'agissent que *par intervalles* et *dans des conditions déterminées*. Donc, ce qui n'est pas encore dissous ni élargi actuellement, en matière d'érosion chimique, le sera inévitablement

(1) *Étude sur cinq cavernes de la Lesse et sur le ravin de Falmignoul*, par Éd. DUPONT. — Bull. Acad. r. des sciences de Belgique, t. XXIII, 1867.

(2) Ne voilà-t-il pas un précieux élément de mesure à utiliser pour l'étude du phénomène de relèvement général du sol pendant la phase quaternaire du creusement des vallées? Il y aura à revenir sur cette observation et sur les réflexions qu'elle suggère.

quand l'occasion propice se présentera, et à la demande sceptique de M. Flamache je réponds nettement que toute fissure du calcaire peut et même *doit* devenir tôt ou tard le siège d'élargissements et de formation de cavités. Comme la roche si dure du ravin de Falmignoul, *elle attend son heure* et les conditions qui doivent amener son attaque.

La théorie de M. Flamache consiste à expliquer la formation des cavités et des grottes des roches fissurées par l'action érosive, *quelle qu'elle soit, des eaux courantes*. Sur le point de savoir si cette action érosive est plutôt *physique* que *chimique* il ne se prononce pas. Il reconnaît manquer de faits précis pour se décider à cet égard, et tout en pensant que « la prépondérance doit plutôt appartenir à l'action mécanique, il ne lui répugnerait pas de l'attribuer, s'il le fallait, à l'action chimique » ... déclaration qui est singulièrement en contradiction avec la première partie de son travail, où il signale si nettement cette action chimique comme localisée seulement dans les 2 ou 3 mètres superficiels des massifs calcaires.

M. Flamache établit ensuite cette proposition :

« *Le creusement des vallées souterraines a lieu par les mêmes causes et suivant les mêmes lois que celui des vallées à l'air libre.* »

Il y a certes dans les deux cas des *lois* et des *causes* dont le principe est commun aux deux processus. Mais ce qui agit à titre exceptionnel et localisé dans l'un, devient un facteur général et très actif dans l'autre.

Exposé sommaire des principales différences des facteurs d'érosion à l'air libre et dans les cavités souterraines.

Il peut y avoir certaines *similitudes* dans les principes d'érosion souterraine et à l'air libre, mais il y a d'énormes divergences dans l'APPLICATION des facteurs.

M. Flamache ne croit-il donc pas que dans le cas de creusement à l'air libre, l'érosion mécanique est *puissamment aidée*, et cela d'une manière très générale, par les *galets et les cailloux roulés* de roches dures : quartzites, grès ou silex, qui pendant la phase de creusement d'un lit à l'air libre, dévalent et s'entrechoquent sur le thalweg et sur les bords d'une rivière creusée en terrain rocheux calcaire, surtout en temps de crue. Croit-il que sans l'action *des roches entraînées* par l'eau torrentielle, le ravin de Falmignoul aurait pu voir, pendant la durée d'un orage, son lit s'abaisser de 3 à 4 mètres, par le simple frottement de l'eau sur un plancher rocheux ? Or, qui pourrait contester que ce facteur des cailloux roulés est — du moins dans nos régions —

exceptionnel et peu développé dans nos rivières souterraines? Je suis, bien entendu, le premier à admettre qu'ailleurs il peut en être autrement, témoin certaines observations de M. Martel dans les calcaires jurassiques.

M. Flamache croit-il que l'*éboulement des parois latérales*, et les accidents divers qui en résultent, soient aussi fréquents dans les rivières souterraines — où je reconnais d'ailleurs qu'ils peuvent exister — que dans le cours des rivières en travail de creusement à l'air libre?

Par contre, les *écroulements* par rupture d'équilibre des *voûtes rocheuses*, et les *barrages* qui en résultent dans le cours souterrain des rivières, constituent des actions à influences diverses qui sont assurément spéciales au cours des rivières souterraines et y produisent soit des *élargissements* et *agrandissements* irréguliers et localisés, soit des *comblements* dont le processus ne trouve, ni dans l'un ni dans l'autre cas, aucune analogie dans les cours d'eau à l'air libre.

Peut-on comparer le lit et les parois *uniformément calcaires*, malgré leurs variations stratigraphiques relatives, d'un cours souterrain en massif calcaireux, à ceux d'une rivière encaissée dans le même terrain à l'air libre, où il y a des berges garnies de *dépôts plus récents et variés*; caillouteux parfois, qui constituent des *réserves* à éléments pondéreux et érosifs supplémentaires, que l'affouillement des rives met successivement à la disposition de l'action mécanique.

Peut-on admettre que l'action de l'universelle *loi des méandres*, ce puissant facteur de l'érosion mécanique à l'air libre, puisse s'effectuer avec la même intensité, la même ampleur, dans le chenal d'une rivière souterraine qu'à l'extérieur?

Les *apports variés de roches dures* qu'amènent, sous forme de cailloux roulés, les *affluents* des cours d'eau, ont-ils quelque représentant sérieux dans un cours souterrain, et ce facteur supplémentaire d'énergie mécanique pourrait-il y entrer en jeu?

M. Flamache n'admet-il pas que la *force vive ou mécanique* des eaux, à l'air libre, qui dévalent et bondissent parfois sur le thalweg des rivières en creusement et y acquièrent toute leur impétuosité, a mille et une occasions, dans le lit souterrain, de s'affaiblir et de se briser dans le lacs tortueux des canaux latéraux et adventifs, alternativement horizontaux, verticaux et obliques, montants et descendants, souvent amorcés en syphons, que le tracé irrégulier des diaclases et des fentes, même élargies, offrent comme obstacle, avec les barrages résultant des *écroulements internes*, à la course irrégulière des eaux souterraines? Les forces mécaniques doivent être singulièrement apaisées dans de tels trajets, où les résistances à l'écoulement et les pertes de charges sont

à tenir en sérieuse considération, et l'on en peut voir comme preuve la majestueuse lenteur, contrastant avec l'impétuosité de l'engouffrement initial, avec laquelle la Lesse, et bien d'autres rivières souterraines de nos régions — car nous ne voulons nullement généraliser — sortent de leur traversée rocheuse ! On a simplement l'impression d'un *trop plein* qui s'écoule et dans lequel toute force vive est éteinte, et c'est là un contraste instructif, comme je l'ai dit tantôt, avec *l'élargissement moyen sans cesse croissant*, des galeries souterraines où coule la rivière.

Mon honorable contradicteur croit-il enfin que l'*action chimique* des eaux courantes du tracé à ciel ouvert ait le temps matériel d'opérer partout sur son passage le mystérieux travail d'élaboration qui trouve son domaine de prédilection et d'énergie maximum au sein des eaux calmes, ou tout au moins ralenties par places, des grottes qu'elles parcourent.

Je suis persuadé, en réalité, que M. Flamache ne se dissimule pas l'*inégalité absolue* du rôle respectif des deux facteurs dans chaque cas.

A L'AIR LIBRE tout tend à favoriser l'*action érosive mécanique* : au SEIN DES MASSIFS CALCAIRES tout tend à en *réduire les effets*, du moins dans les régions dont nos massifs de calcaires primaires constituent le type, et où tout tend, par contre, à *augmenter la puissance corrosive chimique* des eaux courantes souterraines. Ce facteur, s'ajoutant à l'action, chimique principalement, des eaux filtrantes et ruisse-lantes venant d'en haut à travers les fentes, failles, aiguigeois et dis-jonctions quelconques du massif calcaire, concourt à attribuer à l'action érosive chimique de ces régions souterraines une incontestable prépondérance.

Quelle est dès lors la *portée pratique* de la proposition formulée par M. Flamache. La similitude de *causes* et de *lois* n'a plus guère d'influence en présence de la *divergence générale des intensités respec-tives* de ces causes et de ces lois, suivant qu'il s'agit de parcours à l'air libre ou de parcours souterrains.

Résumé sur la partie théorique du mémoire de M. Flamache.

Tout l'exposé de la partie théorique du mémoire de M. Flamache se borne, comme commentaire de cet exposé, à fournir des représentations diagrammatiques ayant pour but de montrer qu'un *écoulement souterrain* peut se produire au sein de massifs calcaires fissurés, et l'exposé que nous étions en droit d'attendre de lui sur l'*origine méca-nique des cavernes* se borne à la mise en œuvre, fort rationnelle d'ailleurs, de la théorie classique *des vases communiquants* : rien de

plus, en faisant intervenir toutefois la pure *supposition* d'érosions mécaniques corrélatives au mouvement de circulation de l'eau souterraine.

Loin d'aborder la question d'une manière générale et systématique, l'auteur se borne à raisonner sur ce qui pourrait bien se passer dans un massif calcaire fissuré, en communication avec les méandres d'un cours d'eau. M. Flamache, se basant sur les différences de niveau de l'eau libre en amont et en aval, établit — mais qui songerait à le contester — que des communications souterraines de l'amont vers l'aval peuvent se produire, grâce au lacs fissuré du massif rocheux.

Sur ce fait réel, aisément vérifiable parfois, notre estimable contradicteur greffe sa thèse de l'action mécanique prépondérante ou même exclusive : il voit ces canaux souterrains s'élargir par érosion du courant qui opérerait, d'après lui, comme à l'air libre et il le voit arriver à lui tout seul à supplanter, sauf en cas de forte crue, alors que la *chavée* fonctionne, une partie du cours de la rivière à l'air libre. C'est ce qui indique son diagramme reproduit par le n° III de ma figure 3.

Mais une telle circonstance, qui constitue un élément essentiel dans la théorie des cavernes de M. Flamache, n'est en réalité qu'un cas très particulier, bien représenté par la Lesse à Han. Il exige un promontoire calcaire fissuré et un méandre en partie abandonné par une rivière, et dont le cours est devenu partiellement souterrain.

Absence de justification pour l'intensité invoquée en faveur de l'action mécanique.

Si la disposition invoquée par M. Flamache est réellement telle, dans un nombre donné de cas, comme à Han, s'ensuit-il pour cela que c'est à l'*action mécanique* du courant souterrain qu'est exclusivement due la formation des galeries souterraines? Pour que cette action mécanique — à part les phénomènes d'écroulement interne dont il y a lieu de tenir compte — puisse s'effectuer, une condition primordiale s'impose, qui bien rarement est rencontrée dans la nature. Il faudrait que la *différence de niveau* entre le point d'engloutissement et le point de sortie soit suffisante pour *favoriser sérieusement les effets mécaniques*. C'est ce qui n'est généralement pas le cas dans la région étudiée de nos massifs primaires à roches calcaires. Ainsi à Han même, il n'y a guère plus d'un mètre de dénivellation — j'ai pu m'en assurer avec précision — entre l'entrée et la sortie de la rivière, et cependant les eaux ayant circulé dans les fissures du massif intermédiaire auraient, s'il fallait en croire M. Flamache, creusé, par la simple action du courant agissant comme à l'air libre, des cavités pouvant atteindre

jusqu'à une centaine de mètres de hauteur, comme dans la salle du Dôme ! Même en faisant une belle part — qui leur revient d'ailleurs — aux *écroulements souterrains* corrélatifs au travail d'élargissement des galeries, est-il possible d'attribuer le creusement d'autres salles, sans écroulements admissibles — et que l'on sait atteindre à Han de 10 à 20 mètres de hauteur et plus — à l'action érosive de la Lesse seule ? Cela n'est pas sérieusement soutenable et la vérité est que nous sommes ici, comme ailleurs en bien des grottes calcaires, en présence non pas du produit d'un phénomène simple et d'âge actuel, mais d'un processus complexe dans lequel les facteurs chimiques et mécaniques, ayant agi à des niveaux successifs et descendants pendant la durée du phénomène de creusement des vallées, et à des niveaux quelconques depuis lors, ont vu tour à tour leur action combinée et alternée, suivant un ensemble multiple de circonstances qui variaient, d'abord avec les progrès du creusement et de l'abaissement progressif du thalweg des vallées, ensuite avec les fluctuations des précipitations atmosphériques, causes des ruissellements internes.

Le cas que M. Flamache a étudié pour un méandre de rivière contournant un promontoire de calcaire fissuré et qui se résume en une question de vases communicants, il l'applique ensuite aux *aiguigeois de plateau* et aux *aiguigeois de chavée*. Le raisonnement est le même : il doit y avoir circulation d'eau en vertu du principe des vases communicants. S'il y a circulation il y a courant souterrain et celui-ci agit comme à l'air libre, c'est-à-dire avec prépondérance tout au moins d'action mécanique (car en finissant son étude M. Flamache n'ose plus rejeter absolument, comme il l'a fait dans la partie critique de son travail, l'action chimique en profondeur).

Or, cette ablation souterraine qu'avec la grande majorité des observateurs je maintiens être *chimique* avant tout, M. Flamache la considère comme essentiellement *mécanique*. De preuve il n'en fournit aucune. Il se base uniquement sur l'*assimilation*, qu'il a posée en principe, du processus de creusement des vallées souterraines avec celui du creusement à l'air libre : idée *absolument fausse*, qui a été longuement rencontrée plus haut et contre laquelle bien d'autres arguments encore pourraient être présentés.

La divergence des vues de M. Flamache dans les deux parties de son travail.

La prudente réserve que fait, dans la deuxième partie de son travail, M. Flamache en faveur de la détermination de l'action prépondérante qu'il n'aurait « aucune répugnance à retirer à la partie mécanique de

l'érosion souterraine pour le donner à la partie chimique » (v. p. 364) sauve la seconde partie de son travail d'un sort fâcheux, car il rend ainsi sa thèse admissible dans la mesure des divers cas particuliers étudiés par lui : mais c'est en même temps la condamnation formelle des conclusions de la *partie critique* de son étude, dans laquelle il établissait nettement la localisation des actions chimiques dans une faible zone superficielle des massifs calcaires.

Au cours de son travail il aura reconnu que cette voie allait lui être funeste. Il ne pouvait, sans preuves, rejeter de la science qui nous occupe une de ses plus précieuses acquisitions : le rôle important, considérable et si général qu'a joué dans le temps, et que continue encore à jouer aussi bien dans les profondeurs de la terre qu'à la surface du sol, dans le globe entier, cette action si *simple*, si *logique* et si *puissante*, du processus dissolvant des roches calcaires par l'*acide carbonique des eaux météoriques*.

J'espère, en terminant, que mon contradicteur et excellent ami M. Flamache, guidé, comme il le dit en commençant son étude, par son ardeur dans la recherche de la vérité, voudra bien reconnaître que le vœu terminant la dite étude se trouve réalisé : à savoir que la théorie de l'action chimique *initiale et prépondérante*, en ce qui concerne la formation des cavités et cavernes du calcaire, est « sortie victorieuse de l'épreuve à laquelle il a cru pouvoir la soumettre ».

TABLE DES MATIÈRES

Réponse de la Note critique de M. Flamache	pp. 368
Examen de la partie critique du travail de M. Flamache	370
Réfutation sommaire des six ordres de faits avancés comme arguments par M. Flamache.	370
Argumentation fournie par les dépôts phosphatés de la Hesbaye	374
Le dispositif expérimental de M. Flamache	385
L'argumentation fournie à M. Flamache par la morphologie des cavernes	386
Aperçu sommaire sur les multiples facteurs du creusement des cavernes, négligés par M. Flamache	390
Les différences des régimes orographiques et hydrographiques anciens d'avec les conditions actuelles	391
Le mode d'ouverture des cavernes	393
Quelques mots au sujet des progrès récents de la science en ce qui concerne le mode de remplissage des cavernes	394
Les causes premières de l'évolution fluviale et des variations du régime hydrographique superficiel et souterrain	399
L'argile rouge, résidu de la dissolution du calcaire et la base d'argumentation qu'elle fournit à M. Flamache	402
Résumé sur le mode d'argumentation de M. Flamache	405
Un apologue	406
Examen de la partie théorique du travail de M. Flamache.	407
Exposé sommaire des principales différences des facteurs d'érosion à l'air libre et dans les cavités souterraines	409
Résumé sur la partie théorique du mémoire de M. Flamache	411
Absence de justification pour l'intensité invoquée en faveur de l'action mécanique	412
La divergence de vues de M. Flamache dans les deux parties de son travail	413

ERRATA. — Dans la première page du travail (p. 368) à la 3^{me} ligne du 2^{me} paragraphe, le mot *fournies* doit être remplacé par *formées*. Cette erreur d'impression existait dans le texte de M. Flamache, reproduit ici en petits caractères.

MATÉRIAUX

POUR LA

FAUNE DU HOULLER DE BELGIQUE**QUATRIÈME NOTE (1)**

PAR

X. Stainier

Docteur en sciences naturelles

Membre de la Commission géologique de Belgique

Professeur à l'Institut agricole de l'État, à Gembloux.

BASSIN HOULLER DE CHARLEROI**Charbonnage de Forte-Taille, à Montigny-le-Tilleul**

Ce charbonnage est depuis longtemps célèbre par les remarquables fossiles que l'on y a trouvés lors de l'approfondissement du puits Avenir et qui ont été signalés dans un travail de MM. Blanchard et Smeysters. (Note sur quelques fossiles rencontrés dans le système houiller de Charleroi : *Ann. Soc., géolog., de Belgique*, t. VII, 1879-80, Mém., p. 14.) Les fossiles signalés dans cette note avaient été décrits par M. de Koninck. De nouvelles recherches nous ont permis (2)

(1) Pour les trois notes précédentes, voir :

Ann. Soc. géolog. de Belgique, t. XIX, 1892, Mémoires, p. 333.

Ann. Soc. géolog. de Belgique, t. XX, 1893, Mémoires, p. 43.

Bull. Soc. belge de géologie, t. VII, 1893, Mémoires, p. 135.

(2) Mes recherches dans ce charbonnage ont été singulièrement facilitées par le zèle de M. Marchand, directeur des travaux. Je me plais à lui en exprimer ici toute ma reconnaissance.

de doubler encore le nombre des niveaux fossilifères de ce charbonnage. Nous allons signaler ces strates, et chemin faisant, nous noterons la position des niveaux précédemment signalés afin que l'on puisse se faire une idée générale de ce remarquable gisement fossilifère. Dans le but de faciliter la compréhension de ce qui va suivre, j'ai dressé à l'échelle du 1/5000 la stampe normale des couches recoupées par le puits Avenir. C'est cette stampe qui figure dans la colonne n° 2 de la fig. 1. Nous examinerons les niveaux de haut en bas.

1^{er} niveau : Dans les 230 premiers mètres du puits on a recoupé presque quatre fois la même veine appelée Veine à scailles. Les auteurs précités avaient déjà signalé que le toit de cette veine (1) se composait d'un schiste noir feuilleté à rayure brillante et renfermant des *Mytilus* pyritisés. Les échantillons que nous possédons du toit de cette couche ne sont pas feuilletés, au contraire, mais ils sont noirs et à rayure brune brillante. En outre, les fossiles également pyritisés que nous y avons rencontrés ne nous paraissent pas pouvoir être rapportés à des *Mytilus*. Ce sont, je crois, tout simplement des *Anthracosia* assez mal conservées, plissées et brisées. En outre, nous avons trouvé dans cette roche une écaille de poisson (*Rhizodopsis*) et de nombreux points paraissant être des Entomostracés mal conservés.

2^e niveau : En dessous du niveau précédent vient la veine Hembise, la principale du charbonnage. Elle présente au toit un complexe de roches fossilifères extrêmement remarquables, que voici :

Au-dessus de la veine on trouve d'abord, sur 0^m.20, un psammite noir à grandes lamelles de mica blanc, à rayure brune et luisante. Ce psammite, qui se laisse assez difficilement feuilleter, est pesant. Il renferme abondamment des *Lingula mytiloïdes* bien conservées. Fait important, cette roche renferme des nodules de pyrite pure et compacte, de forme ovoïde et de la dimension d'un gros pois généralement, atteignant parfois 0^m.03 de diamètre.

A 0^m.20 au-dessus de la veine on voit une couche continue de carbonate de fer gris noir, de 0^m.03. Puis on voit, sur 0^m.05, un schiste noir à aspect zonaire, par suite de la présence de minces strates de sidérose brunâtre. A 0^m.25 au-dessus de la veine on passe insensiblement à un schiste noir à rayure brune luisante, peu ou pas pailleté, se laissant cliver avec la plus grande facilité en feuillets fort minces et doux au toucher. Cette roche se poursuit jusque 0^m.50 de la veine et elle renferme encore des *Lingula* mais infiniment plus rares que dans la couche inférieure ; par contre, elle est très riche en débris de pois-

(1) Voir le niveau 1. de la colonne n° 2 fig. 1.

3^e niveau : Il se trouve au toit d'une veinette qui a été recoupée en plateure à la profondeur de 380 mètres dans le puits. Elle a aussi été recoupée, en dressant, à l'étage de 300 mètres dans le bouveau Sud, à 210 mètres du puits. C'est de ce dernier point que proviennent les fossiles. Dans le puits cette veinette avait 0^m.15 d'épaisseur et reposait sur un petit banc de grès qu'une petite couche de schiste séparait du gros banc de grès du poudingue houiller (voir fig. 1, colonne 2 niveau 3). Dans le bouveau on trouve immédiatement au-dessus de la veinette un schiste dur un peu psammitique, très pailleté, à cassure très irrégulière et très noire. On y trouve abondamment de petites coquilles à test mince, qui paraissent être des *Modiola*.

4^e niveau : Les auteurs précités ont signalé la présence d'une couche renfermant des *Leda* au toit d'une mince veinette située un peu au-dessous du poudingue houiller (voir fig. 1, colonne n° 2, niveau 4).

5^e niveau : A environ 25 mètres sous le niveau précédent se trouve une couche de calcaire impur très schisteux, imprégné de sidérose, qui se montre parfois sous forme de couches brunâtres. Cette roche est en outre un calcaire à crinoïdes, organisme dont il renferme assez bien d'articles. C'est le principal niveau fossilifère signalé par MM. Blanchard et Smeysters, qui y ont rencontré une faune marine très importante, consistant en *Productus*, *Spirifer*, *Chonetes*, *Euomphalus*, *Pleurotomaria*, *Poteriocrinus*, *Aviculopecten*, *Zaphrentis*, *Fenestella*, *Conularia*.

6^e niveau : En dehors des couches recoupées par le puits Avenir et renseignées sur les coupes de la figure 1, on a encore exploré la région Nord par un bouveau à l'étage de 160 mètres. On y a remarqué plusieurs couches que l'on suppose appartenir à la série inférieure exploitée dans tout le bassin de Charleroi. Une de ces couches : la veine Dur-mur a été, par ce bouveau, recoupée deux fois, très dérangée. A la seconde recoupe, à 670 mètres au Nord du puits, elle présentait au toit un schiste bien feuilleté extrêmement foncé, à rayure brune brillante, ressemblant énormément au schiste feuilleté du toit de la veine Hembise. J'y ai trouvé beaucoup de restes de poissons semblables à ceux du toit de Hembise.

Les voici :

Elonchthys (écailles).

Coelacanthus (écailles)

Fragment d'os indéterminé de poisson.

Avec cela assez bien d'Entomostracés.

En profitant de ces découvertes paléontologiques et en s'aidant des niveaux lithologiques caractéristiques que l'on a rencontrés dans les travaux de ce charbonnage, on peut, je pense, établir avec une grande probabilité la synonymie de ses couches. Cette synonymie est d'autant plus nécessaire que ce charbonnage exécute actuellement de grands travaux de recherche et que de plus il se trouve dans une des régions les plus intéressantes de notre bassin houiller, presque complètement séparée des autres par des bouleversements qui rendent tout raccordement direct impossible. Pour établir cette synonymie j'ai dressé à l'échelle du 1/5000 la série ou stampe normale des roches recoupées dans le puits Avenir (voir fig. 1, colonne n° 2) et j'ai mis à côté, comme comparaison, la série des couches du charbonnage de Spy, dont la position est bien connue. Nous parlerons d'abord des niveaux lithologiques.

Je crois que l'on est actuellement d'accord pour rapporter au poudingue houiller (niveau H 1 c. de la carte géologique) le poudingue rencontré dans le puits Avenir. Cette roche présente d'ailleurs une telle identité de caractère avec celle qui a été rencontrée dans les travaux du puits Paradis, du charbonnage de la Rochelle, qu'il ne peut plus guère y avoir de doute à cet égard. Nous avons donc là un premier point de repère. Or, à Forte-Taille comme à Spy, à 110 mètres sous ce poudingue houiller, on rencontre une veine et entre les deux on a recoupé un banc de calcaire à crinoïdes, fossilifère, à faune absolument marine (5^e niveau). Or, ces calcaires à crinoïdes ne sont pas communs dans notre Houiller et peuvent parfaitement servir d'horizon caractéristique. Il ne peut donc guère y avoir de doute sur l'identité d'âge des séries de Spy et de Forte-Taille. Passons maintenant à la série supérieure au poudingue houiller. Je pense que la veine Hembise n'est autre chose que la veine Léopold, bien connue dans le bassin de Charleroi. Je me base pour cela sur les arguments suivants :

1^o J'ai montré dans un précédent travail (1) que la veine Léopold se trouve à 150 mètres environ au-dessus du poudingue houiller. Telle est aussi la position de la veine Hembise.

2^o La veine Hembise présente un ensemble de caractères paléontologiques que seule présente la veine Léopold. En effet, comme je l'ai montré pour la veine Léopold des charbonnages de Pont-de-Loup (2), elle présente ce fait unique en Belgique d'avoir au toit une couche à faune marine (poissons et *Lingula mytiloides*) surmontée de couches à

(1) X. STAINIER : *Composition du Houiller de la Basse-Sambre*. (Bull. Soc. belge de Géologie, t. VIII, 1894, Mémoires, p. 55.)

(2) X. STAINIER : *Matériaux pour la Faune du Houiller*. (Ann. Soc. géologique de Belgique, t. XX, 1893, Mémoires, p. 43.)

Carbonicola (Anthracosia); depuis lors j'ai encore rencontré la même association caractéristique au charbonnage de la Réunion (Mont-sur-Marchiennes) et au charbonnage d'Ormont, comme je le montrerai plus loin.

3° Au point de vue lithologique il y a également une analogie remarquable entre les roches du toit de la veine Léopold et celles du toit de la veine Hembise.

De part et d'autre il y a là un schiste noir à rayure brune et luisante renfermant de petits nodules de pyrite compacte, que je viens de retrouver encore dans le toit de la veine Léopold au charbonnage de Noël-Sart-Culpart, où ils atteignent parfois la dimension du poing. De part et d'autre il y a aussi dans ces roches un lit de sidérose grise bien caractéristique.

Ces faits ne me laissent guère de doute que la veine Hembise ne soit la veine Léopold.

Un fait qui me frappe de plus en plus, au fur et à mesure que mes recherches sur la veine Léopold se développent, c'est la constance à ce niveau, dans le toit de la veine, et dans le toit de la veinette qui vient au-dessus, de la *Lingula mytiloïdes* qui s'y trouve en grande abondance, constituant ainsi un excellent horizon paléontologique.

Charbonnage de Jemeppe-sur-Sambre : En 1893 on a remis en activité à ce charbonnage, abandonné depuis de nombreuses années, un puits de 21 mètres de profondeur, au lieu dit « Sur les Ternes ».

Par ce puits on exploite une veine appelée Veine à la houille, qui présente dans son toit une layette au-dessus de laquelle se trouve un schiste noir feuilleté rempli de débris végétaux très fragmentaires (notamment des folioles de *Neuropteris*). J'y ai trouvé assez bien de petits lamellibranches que je rapporte à l'*Anthrocomya minima* Ludwig. En outre, j'y ai rencontré un objet que je prends pour une aile d'insecte et que je compte soumettre à un spécialiste pour détermination.

Charbonnage de la Réunion, à Mont-sur-Marchiennes :

1^{er} niveau : Vers 1858 le charbonnage de la Réunion fit creuser une galerie d'écoulement à l'Est de la grand'route de Charleroi à Mont-sur-Marchiennes, partant de la chapelle Beausart. On voit encore à côté de la route le terris d'une bure d'aérage de 15 mètres appelé « Cayat du maieur François » situé en face du château François. Mon ami M. l'Ingénieur E. Blanchard m'ayant signalé qu'on retrouvait sur ce terris des débris de calcaire à crinoïdes, je m'y suis rendu et y ai en effet constaté la présence de débris de calcaire siliceux et imprégné de sidérose celluleuse et rempli d'articles de crinoïdes, avec lignes schis-

teuses, noirâtres. La galerie étant abandonnée depuis de nombreuses années, il serait impossible de déterminer la position exacte de ce calcaire et l'on ne peut procéder ici que par induction. Voici ce que l'on sait. La galerie en question a recoupé près du puits précité la veine Drion, que je rapporte à la veine Léopold, comme je le dirai plus loin. Elle a été poursuivie au delà vers le Sud jusqu'à la rencontre de deux petites veines, qui ont été exploitées. Cette galerie a eu environ 400 mètres de longueur au Sud de la veine Drion, en dressant renversé. Elle a donc dû recouper une série analogue à celle du charbonnage de Spy et par conséquent aurait pu rencontrer un banc de calcaire à crinoïdes qui serait, comme celui de Spy, à 225 mètres verticalement sous la veine Drion.

2^e niveau : Au puits Conception on exploite la veine Drion qui, par sa position par rapport à la série exploitée dans le bassin, peut se rapporter sans hésitation à la veine Léopold. Nous allons voir que les caractères paléontologiques confirment absolument cette assimilation. Assez souvent on trouve au-dessus de la veine un psammite dur avec débris végétaux, mais parfois, et c'est surtout le cas dans les niveaux inférieurs de l'exploitation, on voit reposer sur la veine un schiste psammitique noir très micacé, à rayure brune et brillante ayant environ 0^m.25 d'épaisseur. Il renferme en abondance de belles *Lingula mytiloides* ainsi que des poissons :

écaille de *Coelacanthus*
ossement de poisson indéterminé.

Puis on voit la roche devenir plus psammitique, plus grossière et montrer des nodules de sidérose grise. En même temps y apparaissent de grandes *Carbonicola* (*Anthracosia*). Cette couche ne tarde pas à devenir tout à fait psammitique et les fossiles animaux y disparaissent. Le passage de la couche à *Lingula* à la couche à *Carbonicola* ne se fait pas brusquement et, fait très important, on voit les deux fossiles en mélange. J'ai même sur certains échantillons, des *Lingula* et des *Carbonicola* sur le même plan de stratification. La couche noire à *Lingula* renferme assez bien de nodules de pyrite compacte, du volume d'un gros pois.

3^e niveau : Dans le bouveau Sud de l'étage de 294 on rencontre environ neuf veinettes au Nord de la veine Drion jusqu'à la série de veines exploitées. La deuxième de ces veinettes, en partant de la veine Drion et à 30 mètres au Nord de celle-ci, a 0^m.03 d'épaisseur et repose sur un schiste noir à rayure brune et brillante, finement micacé et

fissile, qui renferme abondamment des *Lingula mytiloïdes* très bien conservées.

4^e niveau : Dans le même bouveau la quatrième veinette, à 46 mètres de la veine Drion, a 0^m.03 d'épaisseur et est enclavée dans un banc de schiste assez grossier, gris noir à rayure brune et luisante, peu ou pas micacé et excessivement fossilifère, surtout sous la veinette. Il renferme d'innombrables *Lingula mytiloïdes*, parfaitement conservées. Il y a également des quantités d'entomostracés qui présentent cette particularité d'être pyritisés et partant très brillants. A noter aussi la présence intéressante dans ce niveau marin de multitudes de *Spirorbis carbonarius*.

5^e niveau : La septième veinette, à 101 mètres au Nord de la veine Drion, a 0^m.06 d'épaisseur et a pour toit un schiste noir micacé, mal feuilleté à rayure brune et brillante, dans lequel j'ai trouvé une belle écaille de poisson (*Elongichthys*).

Normalement à la stratification il y a entre les niveaux 2-3-4 et 5 des distances de 26-16-50 mètres.

Charbonnage de Monceau-Fontaine : Au puits numéro 4 le R. P. G. Schmitz a rencontré au toit de la veine Mangis un schiste gris-noir feuilleté renfermant des quantités de *Carbonicola* (*Anthracosia*), avec cela assez bien de *Spirorbis carbonarius*, dont plusieurs spécimens sont fixés sur des valves de *Carbonicola*.

Charbonnage d'Ormont, à Chatelet : Au puits n° 2 (St-Xavier), on exploite la couche Léopold, qui y présente les particularités suivantes. Elle semble s'être dédoublée en deux veines, car on y remarque, à environ 5 mètres au-dessus de la veine principale, une veinette de 0^m.80 qui paraît bien n'être qu'un des deux sillons dont se compose la veine Drion, de Mont-sur-Marchiennes. C'est au-dessus de cette veinette supérieure que se trouvent toutes les couches et les fossiles caractéristiques de la veine Léopold. En effet, on y voit d'abord un schiste noir finement micacé, à rayure brune brillante, à cassure irrégulière, rempli de *Lingula mytiloïdes* et de poissons innombrables, ainsi que de petits nodules de pyrite. C'est dans ce niveau que j'ai recueilli en Belgique mes plus beaux spécimens de poissons; j'en possède aussi un petit individu entier, mais fort déformé, de 0^m.02 de longueur. J'y ai recueilli des écailles de *Platysomus*, d'*Elongichthys*, de *Coelacanthus* et quantité d'ossements de tout genre, de poissons indéterminés. En montant le schiste devient plus gris, plus feuilleté et c'est alors que les poissons y sont le plus nombreux. Un peu plus haut apparaissent des lits noirs imprégnés de sidérose et des rognons de sidérose, et on voit

arriver des *Carbonicola* fréquemment bivalves et disposés perpendiculairement à la stratification.

Quant à la veine Léopold elle-même, elle présente au toit une couche de terre avec *Stigmara*, puis un schiste gris strié, avec écailles de poissons *Rhizodopsis* et *Elonychthys*.

Charbonnage du Bonbier, à Chatelet : 1^{er} niveau. Au puits n° 1 j'ai rencontré au toit de la veine Léopold, dans le bouveau de l'étage de 500 mètres au Sud, une couche de schiste noir à rayure brune et brillante, micacé et ressemblant à tous les points de vue aux roches ordinaires du toit de la veine Léopold. J'y ai reconnu des *Carbonicola* en très mauvais état, des entomostracés et des ossements de poissons. Malheureusement, la couche étant très dérangée à cet endroit là, je n'ai pu vérifier si le toit de la veine présente la série habituelle de roches.

2^e niveau. Dans le même bouveau Sud la première veinette sous la veine Léopold a, au toit, un schiste noir bondé de débris végétaux en fragments et où j'ai trouvé une écaille de poisson.

3^e niveau. La première veinette au-dessus de la veine Léopold a, au toit, un schiste noir finement pailleté à rayure brune brillante et qui doit être très pyriteux car, par altération, il se recouvre d'enduits jaunes de sulfate de fer et de petits cristaux de gypse. Ce schiste renferme d'innombrables *Lingula mytiloides* qui présentent la particularité d'être de taille tout à fait minuscule. Avec cela on trouve assez bien d'écailles de poissons. La même couche se retrouve avec les mêmes caractères paléontologiques et lithologiques, aussi bien dans le bouveau Nord que dans le bouveau Sud.

4^e niveau. Le toit de la troisième veinette sous la veine Cinq paumes dans le bouveau Sud de l'étage de 500 mètres présente un schiste noir doux au toucher, bien feuilleté, avec écailles de poissons.

Charbonnage d'Oignies-Aiseau : Au puits Saint-Henry il y a, au-dessus de la veine Ahurie, une veinette appelée layette de l'Ahurie et qui est l'équivalent de la layette de la veine Lambiotte, de la Basse-Sambre. Dans le bouveau Sud de l'étage de 175 mètres, à 50 mètres à l'Ouest du bouveau dans la voie de niveau, cette layette est à environ 4 mètres au-dessus de la veine Ahurie et elle a au toit un schiste d'abord micacé et dur, puis gris et feuilleté, plus doux au toucher et plus tendre, qui renferme des écailles de poissons.

BASSIN HOUILLER DE LIÉGE

Charbonnage de Lahaye : Le R. P. Gaspar Schmitz a recueilli sur le terris du puits Saint-Gilles un échantillon de *Mariopteris muricata*, dont les frondes sont recouvertes de jolis exemplaires de *Spirorbis carbonarius*.

Charbonnage du Val-Benoit : C'est également sur une fronde de fougère (*Pecopteris*) que le P. Schmitz a trouvé le même fossile sur le terris du puits du Perron. Malheureusement, dans ce cas-ci comme dans le précédent, le gisement exact n'a pu être déterminé. Au charbonnage de Lahaye on exploite les couches élevées du Houiller, tandis qu'au Val-Benoit, ce sont les couches inférieures.

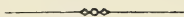
Charbonnage de La Chartreuse et Violette : Au lieu dit « Rasquinet », à Jupille, le charbonnage en question a fait jadis creuser un sondage de recherche, dont les déblais se voient encore près d'une haie. Le R. P. Schmitz y a trouvé, dans un schiste feuilleté noir, de jolis petits lamellibranches ressemblant beaucoup à des *Carbonicola* (*Anthracosia*), mais de fort petite taille ($0^m,008 \times 0^m,003$) et fréquemment bivalves. J'y ai vu également un entomostracé. Les couches du charbonnage de la Chartreuse sont fort inférieures et on y a déjà signalé des fossiles marins (*Spirifer*).

Charbonnage d'Espérance et Bonne-Fortune, à Montegnée : Le R. P. Schmitz a recueilli dans ce charbonnage des *Carbonicola* (*Anthracosia*) dans un schiste noir fin avec couches interstratifiées plus denses, imprégnées de sidérose. Les *Carbonicola* sont assez bien conservées, parfois bivalves. Il n'a malheureusement pu obtenir aucune information sur le niveau d'où ils proviennent.

Charbonnage de Herve-Wergifosse : Le R. P. Schmitz m'a également signalé un banc extrêmement fossilifère, rencontré au puits des Awhirs, étage de 242. Il consiste en un schiste noir fin à rayure brillante, rempli de nodules aplatis, de carbonate de fer et surtout à schistosité très irrégulière. Les fossiles sont innombrables et consistent en *Carbonicola* de grande taille. Ils sont fréquemment transformés en carbonate de fer qui leur donne une teinte brun clair, tranchant sur le fond noir de la roche. Avec eux on trouve aussi assez bien d'entomostracés. La couche fossilifère se trouve au toit de la deuxième veine des champs. Comme fossiles et comme roche, il ne peut y avoir

le moindre doute que ce ne soit le même niveau que celui que j'ai signalé jadis (1) au toit de la veine Victoire du même charbonnage, au puits Charles et au puits de Herve. J'avais renseigné ce niveau au toit de la veine Victoire par suite de renseignements, mais j'ai lieu de croire, d'après cette découverte-ci, que les renseignements étaient inexacts et que dans les trois puits les roches fossilifères sont au toit de la même veine, qui est la deuxième veine des champs.

(1) *Ann. Soc. belge de Géologie*, t. VII, 1893, Mémoires, p. 152.



COMPTE RENDU

DE LA

SESSION ANNUELLE EXTRAORDINAIRE DE 1895

TENUE DANS LE

NORD DE LA FRANCE ET DANS LE BOULONNAIS

DU 17 AU 25 AOÛT

PAR

Alb. Hankar.

Notre Société ayant décidé de consacrer sa session extraordinaire annuelle de 1895 à l'étude des terrains du Nord de la France et du Boulonnais, et notre ancien et respecté président M. Gosselet ayant bien voulu assumer la lourde tâche de diriger les excursions qui devaient être faites à cette occasion, un programme bien nourri fut arrêté par le bureau, après de sérieuses difficultés matérielles.

Ces difficultés provenaient principalement de l'affluence des étrangers dans les stations balnéaires du littoral boulonnais. Elles ne furent vaincues que grâce au dévouement de M. Gosselet, de notre Président et de nos Secrétaires. Elles ne devaient du reste faire aucun tort à la partie scientifique de la session, ainsi que l'on en pourra juger par le programme sommaire suivant, qui fut suivi presque de point en point.

Samedi 17 août. — Départ de Bruxelles (Midi) à 4 h. 56 et arrivée à Lille à 7 h. 33. Souper et séance. — Coucher au Grand-Hôtel.

Dimanche 18 août. — Étude du terrain éocène à **Cassel** (Mont des Récollets et Mont Cassel). — Coucher à **Dunkerque**.

Lundi 19 août. — Crétacé, Éocène, Quaternaire et Moderne de la région de **Saint-Omer**. — Géographie physique de l'Artois — Age de la plaine maritime, etc. — Contact. à Fouquexolles, du Crétacé sur le Devonien. — Dîner et coucher à **Saint-Omer**.

Mardi 20 août. — Étude des environs de Saint-Omer. — Plaine maritime. — Constructions du XII^e siècle. — Landenien. — Mont de Watten — Ilot quaternaire dans la plaine maritime moderne. — Briqueteries du Pont d'Ardres. — Étude des dépôts modernes des environs de Calais. — Coucher à **Marquises** (Hôtel Beaurain).

Mercredi 21 août. — Course de Sangatte au Blanc-Nez, par la plage, au pied des falaises, avec arrêt au Cran d'Escalles (pendant la marée haute) pour aller étudier notamment le Pliocène diestien des Noires-Mottes. — Station de la pierre polie. — Courses, au pied des falaises, du Petit Blanc-Nez à Wissant (Craie, Gault, Aptien). — Forêt sous-marine. — Coucher à **Marquises**.

Jeudi 22 août. — Carrières d'Hydrequent (Carbonifère et Bathonien). — La Vallée heureuse. — Étude sur les terrains primaires du Boulonnais. — Exposé sur place, par M. le professeur Gosselet, de ses vues sur la terminaison occidentale du bassin houiller franco-belge et sur le bassin de Douvres. — Carrières de Ferques. — Caffiers et Elinghen. — Vue générale, à Caffiers, du Bas-Boulonnais. — Coucher à **Marquises**.

Vendredi 23 août. — Course au Port de Boulogne en eau profonde et au Portel. — Laboratoire de Zoologie. — Étude du Portlandien et du Kemmeridien à Boulogne s/Mer et course au bas de la falaise entre Boulogne et Wimereux. — Coucher à **Marquises**.

Samedi 24 août. — Excursion à Saint-Valery. — Étude de l'estuaire de la Somme à marée basse et à marée haute — Crétacé. — Landenien. — Kjoekkenmöddings. — Ancienne plage et sables à *Cardium*. — Coucher à **Marquises**.

Dimanche 25 août. — **Dislocation** et retour direct à Bruxelles ou, à volonté, plage, Musée et Station aquicole de Boulogne-sur-Mer.

1^{re} JOURNÉE. — SAMEDI 17 AOUT.

Séance d'ouverture.

Le 17 août, vers 8 heures du soir, une vingtaine de membres de la Société se trouvaient réunis, à Lille, au Grand-Hôtel, où M. Gosselet venait les rejoindre et partager avec eux un repas rapide, après lequel le savant professeur de la Faculté des sciences de Lille exposa dans leurs grandes lignes la constitution et l'histoire géologiques du Nord

de la France et, en particulier, de la région qui s'étend autour de la ville de Lille.

Le Bassin du Nord, dit-il, est nettement séparé du Bassin de Paris; la séparation est indiquée par la crête du Condroz, qui vient se terminer dans le Boulonnais.

Après les ridements qui ont bouleversé la région hercynienne, la mer s'est étendue dans le Bassin de Paris; des vestiges du Trias se rencontrent en effet jusque près de Boulogne.

A l'époque jurassique, le Bassin de Paris constitue une mer dont le rivage Nord se développe entre Calais et Boulogne; mais, lorsqu'on s'avance vers l'Est, on constate que le Crétacé repose directement sur le Primaire. La limite du Jurassique passe au Sud d'Arras.

Pendant l'époque crétacée, une grande partie de la Belgique est émergée, tandis que dans le Pas-de-Calais, où le Crétacé est bien connu, les dépôts se succèdent d'une manière régulière et continue. Ces dépôts diffèrent de ceux de la région de Mons; ils peuvent se diviser comme suit :

- Craie supérieure ;
- Craie à Bélemnites ;
- Craie à *Micraster cor anguinum* ;
- Craie à *Micraster cor testudinarium* ;
- Craie marneuse ;
- Craie glauconifère.

La craie du département du Nord (craie à *Micaster cor anguinum*) est inférieure à la craie à Bélemnites; elle existe peut-être déjà à Mons, mais toute la craie du Blanc-Nez ne se trouve pas en Belgique, où le Crétacé, loin d'offrir la continuité qu'il a dans le Nord de la France, présente au contraire d'importantes lacunes.

Si nous passons aux terrains tertiaires, nous constatons que le tuffeau landenien s'arrête dès que l'on arrive sur le bord du Pas-de-Calais. Les sables landeniens inférieurs, avec leur facies bien connu en Belgique, et que M. Gosselet appelle *facies flamand*, ne se rencontrent plus dans le Pas-de-Calais, tandis que les sables supérieurs du Landenien s'étendent dans tout le Nord du Bassin de Paris.

Dans la suite, le Bassin du Nord s'est séparé de celui de Paris. La séparation est constituée par une ligne de hauteurs qui s'étendent jusqu'au Gris-Nez et qui résultent d'un plissement compliqué de nombreuses failles.

Vers l'Ouest, le pli s'est élargi et sa surface a été arasée de manière

que l'on y voit affleurer les roches primaires. Ces collines constituent la crête de l'Artois, qui coïncide à peu près avec la crête du Condroz.

Durant nos excursions, nous aurons l'occasion d'étudier successivement : 1° la région au Nord de l'arête, ou Bassin flamand ; 2° la ride elle-même ; 3° la région au Sud, ou Bassin du Tréport.

Le Bassin flamand présente dans le Nord de la France une grande plaine maritime, dont nous constaterons l'inondation à l'époque romaine.

Il y a, en effet, dans cette région-ci des terrains plus récents que le Quaternaire : on y trouve presque partout un sable marin d'un mètre au moins d'épaisseur qui renferme à sa base de nombreux fragments de poteries romaines. Dans quelques points, plus rares, il y a un sable marin plus récent, où l'on trouve des poteries du XII^e au XIII^e siècle. Il y a deux ans, en creusant, près de Dunkerque, un canal de 4 mètres de largeur sur 4 mètres de profondeur, on a atteint presque partout la tourbe, au-dessus de laquelle il y avait souvent des débris de poteries romaines.

La ville de Lille est bâtie dans la vallée de la Deule et en partie sur fond marécageux ; beaucoup de maisons y sont construites sur pilotis ; en creusant pour établir les fondations on atteint généralement le Quaternaire, sur lequel repose la tourbe.

Celle-ci renferme un cailloutis dont la grande masse provient de la craie, mais qui renferme cependant d'assez nombreux fragments de tuiles romaines roulées. En montant, la tourbe devient plus homogène, puis on trouve de nouveau des débris roulés de tuiles romaines et de poteries du XII^e ou du XIII^e siècle avec quelques cailloux de craie ; au-dessus, la tourbe ne contient plus que des morceaux de poteries de plus en plus modernes.

Cela prouve que la Deule, à l'époque romaine, a roulé des cailloux, qu'elle avait donc un cours beaucoup plus rapide qu'aujourd'hui et, qu'à cette époque, elle a creusé son lit dans le Quaternaire ; que cette période d'activité a été suivie d'une ère de tranquillité, après laquelle le cours de la rivière est de nouveau redevenu plus rapide.

Cela correspond aux deux inondations marines datant, l'une de l'époque gallo-romaine, l'autre du XII^e au XIII^e siècle.

Ces deux séries d'inondations marines et fluviales simultanées doivent être attribuées à une même cause.

On peut admettre, qu'à l'époque gallo-romaine, un abaissement de la côte a rendu le cours des rivières plus rapide et leur a permis de creuser leur ancien fond et de rouler des cailloux jusqu'à ce que la période d'érosion fut terminée. Ce phénomène s'est présenté une

seconde fois au XII^e ou au XIII^e siècle; mais, dans l'intervalle, la rivière s'était déplacée sur certains points où l'on constate que les alluvions du XII^e siècle reposent directement sur la craie.

2^e JOURNÉE. — DIMANCHE 18 AOUT.

**Excursion au Mont des Récollets et au Mont Cassel.
(Terrains éocènes.)**

Les membres de la Société, auxquels s'étaient joints quelques-uns de nos confrères de la Société géologique du Nord, se rendent dans la matinée du 18 août à Cassel.

A la sortie de la gare, M. *Gosselet* expose la constitution géologique de la grande plaine de Flandre qui se développe devant nous.

Cette plaine, dit-il, est constituée par un sol argileux, elle est parsemée d'un certain nombre de collines, qui peuvent être groupées en deux catégories : les petites collines, qui ont moins de 80 mètres d'altitude et sont formées entièrement d'argile comme la plaine; et les grandes collines, qui peuvent avoir jusque 150 mètres d'altitude et dont la base est argileuse et le sommet sableux.

L'argile qui constitue le sol de la Flandre est ce que nous appelons l'argile des Flandres ou étage ypresien; mais elle n'est pas l'équivalent de l'argile d'Ypres des géologues belges. Celle-ci, qui est sans fossiles et est exploitée pour la fabrication des tuiles, ne constitue que la partie inférieure de l'argile des Flandres. Au-dessus de cette argile en vient une autre, où l'on trouve une couche à *Nummulites planulata* avec les fossiles des sables ypresiens belges. A Hazebrouck, ces couches ont un développement d'une centaine de mètres; à la partie supérieure, on trouve les fossiles du Panisélien. Mais dans la partie où nous nous trouvons, le terrain ypresien est entièrement constitué par de l'argile.

M. *Ortlieb* a divisé l'argile des Flandres en trois zones :

3. Argile de Roncq;
2. Argile de Roubaix;
1. Argile d'Orchies.

Il regardait l'argile d'Orchies comme l'équivalent de l'argile d'Ypres, l'argile de Roubaix comme celui des sables d'Ypres et l'argile de Roncq comme correspondant au Panisélien.

Ce parallélisme, auquel M. *Gosselet* s'était jadis rallié, lui semble aujourd'hui douteux pour ce qui regarde l'argile de Roncq. Nous

trouvons en effet dans cette région-ci des sables analogues aux sables paniseliens à *Pinna margaritacea* ; il n'y a donc pas de raison absolue pour mettre dans le Panisélien la partie supérieure de l'argile des Flandres.

M. Rutot est du même avis ; il croit que si l'on pouvait voir le substratum des collines de Cassel, on y trouverait le Panisélien et l'Ypresien. L'Ypresien devient de plus en plus argileux à mesure que du Nord de la Flandre belge, on s'avance vers le Sud ; il n'y aurait donc rien d'étonnant à ce que, en France, il passât à une argile.

Il se pourrait toutefois aussi que l'argile de Roncq représentât l'argile grise de base du Panisélien.

Le Panisélien belge présente en effet à la base une argile (P1m) que M. Rutot considère comme une véritable argile des polders de l'époque panisélienne ; au-dessus, on trouve un sable glauconifère avec grès (P1b), puis une argile sableuse (P1c), puis les sables (P1d) et enfin les sables d'Aeltre (P2).

Après avoir entendu cet exposé, nous nous dirigeons vers le Mont Cassel, puis vers le Mont des Récollets, dont l'exploration fait l'objet principal de la course de ce jour. Ces deux collines appartiennent au groupe des grandes collines de la Flandre ; leur altitude, d'après la carte de l'État-Major français (1), serait respectivement de 137 et de 140 mètres.

Afin de faciliter la lecture du compte rendu nous donnons ci-dessous la coupe complète de ces deux collines célèbres.

ÉQUIVALENTS FRANÇAIS	COUCHES	ÉQUIVALENTS BELGES
Diestien.	12. Sables de Diest	Diestien.
	11. Argile de la gendarmerie	
	10. Argile sableuse à <i>Pecten corneus</i>	Asschien.
	9. Argile glauconifère (Bande noire).	
Parisien.	8. Sables et calcaires à <i>Nummulites variolaria</i>	Ledien.
	7. Sables à <i>Ditrupea strangulata</i>	
	6. Sables à <i>Num. lævigata</i> roulées	Laekenien.
	5. Sables à <i>Nummulites lævigata</i>	
	4. Sables à <i>Rostellaria ampla</i>	Bruxellien.
Ypresien.	2. Marnes à <i>Turritelles</i>	
	2. Sables à <i>Pinna margaritacea</i>	Panisélien.
	1. Argile des Flandres (partie supérieure).	

(1) Le zéro de l'État-Major français est supérieur de 1^m.583 à celui adopté par l'Institut cartographique militaire belge.

Nous montons directement vers le Mont Cassel par un petit chemin pavé de grès et de poudingues diestiens dont l'aspect nous est bien familier à tous et, sans nous arrêter, nous nous dirigeons vers le Mont des Récollets, où doivent avoir lieu nos premières constatations.

Entre les deux collines, un petit chemin creux nous montre les couches les plus inférieures que nous devons rencontrer, c'est-à-dire un sable très glauconifère avec quelques lits de marne, qui constituent la partie supérieure des sables d'Aeltre : l'assise des marnes à Turritelles; mais, comme le fait remarquer M. Rutot, ces couches sont un peu plus développées ici qu'au Oude Molen à Aeltre, où l'on trouve cependant dans la couche marneuse un banc durci tout à fait semblable à ceux que l'on observe à Cassel. Ici c'est sous le banc d'huîtres que les Turritelles sont le plus abondantes. Ces Turritelles (*T. edita*) sont malheureusement en fort mauvais état de conservation : le calcaire de leur test a été en partie dissous par les eaux chargées d'acide carbonique et elles ne sont plus représentées que par des moules ou par des débris tout à fait friables, tandis que le test des huîtres (*Ostrea submissa*) est bien conservé.

La Société va ensuite explorer une carrière creusée dans le flanc Sud du Mont des Récollets; cette carrière, comme beaucoup d'autres des environs de Cassel, n'est plus exploitée, l'hiver y a produit des éboulis et des cônes de déjections qui masquent une grande partie des couches. Cependant, nous pouvons reconnaître les sables bruxelliens, qui présentent ici, en place, des *Nummulites lævigata*. M. Rutot estime que la présence de ces *N. lævigata* indique que nous avons affaire à la partie tout à fait supérieure du Bruxellien. Nous trouvons encore *Cardita planicosta* qui, ici, monte jusqu'au sommet du Bruxellien tandis qu'en Belgique elle ne dépasse guère les couches inférieures de ce terrain.

Au-dessous des sables bruxelliens, la coupe montre un banc dur base du Laekenien et, à 1^m.50 environ plus haut, un second banc dur, base du Ledien.

M. Rutot dit que *Ditrupa strangulata* est caractéristique du Laekenien, mais qu'il se trouve cependant aussi à la base du Ledien; du reste, il fait remarquer que le banc dur inférieur renferme les mêmes roches à *N. lævigata* que l'on trouve à la base du Laekenien aux environs de Bruxelles.

Au-dessus des sables lediens se trouve l'Asschien, qui a ici un gravier de base que l'on ne trouve habituellement pas en Belgique. M. Rutot attribue la présence de ce gravier à l'absence du Wem-

lien. Lorsque ce dernier terrain existe, il n'y a en général pas de gravier à la base de l'Asschien.

M. Gosselet conduit ensuite les excursionnistes dans une autre carrière et leur y fait constater l'existence des couches suivantes, en partant du bas :

1. Sables très blancs, renfermant peu d'espèces de fossiles, mais avec *Lenita patellaris* assez abondants.

2. Sable blanc, où les oursins deviennent beaucoup plus rares, mais où les autres fossiles sont très nombreux, quoique malheureusement en fort mauvais état; nous y trouvons :

Cytherea proxima.

Cardium porulosum.

Ostrea cymbula.

Lenita patellaris.

3. Grès avec *Rostellaria ampla* et *Lenita patellaris*.

4. Couches de sables à *Nummulites lævigata*.

Toutes ces couches sont bruxelliennes; elles sont surmontées des couches laekeniennes à *N. Heberti* et à *Ditrupa strangulata*, qui renferment de nombreux fossiles et notamment *Echinolampas affinis*. Puis vient une couche de sable calcaireux renfermant de grands Cérithes en assez mauvais état; au-dessus se trouve une couche de sable à *N. variolaria* avec de nombreux *Nautilus Burtini* et qui renferme quelques bancs solides remplis de *Terebratula Kickxi*. Ces couches correspondent au Ledien.

L'argile glauconifère, qui vient ensuite, est l'équivalent de notre Asschien, ou plutôt de sa partie inférieure, car les sables d'Assche manquent ici.

Nous constatons que les sables calcaireux des divers niveaux présentent, comme aux environs de Bruxelles, de nombreuses poches d'altération.

Une troisième carrière, située un peu plus haut que les deux précédentes, nous montre ensuite les couches supérieures du Ledien : grès à *Nummulites variolaria* et à *Ostrea gryphina*. M. Rutot fait remarquer que ces couches, qui ont ici 6 mètres environ, sont beaucoup plus développées qu'en Belgique; à Gand, par exemple, elles n'ont guère qu'un mètre d'épaisseur, mais vers l'Est l'épaisseur augmente.

On ne trouve plus ici *Echinolampas affinis*, qui ne monte pas plus haut que le Laekenien, mais, par contre, nous trouvons des *Ditrupa* en assez grande abondance.

Les membres de la Société, continuant à monter sur les talus de la colline, cherchent en vain à trouver la *bande noire*, ou du moins, à la voir en place; elle leur est cachée par de grands éboulis.

Ils arrivent enfin sur le sable diestien, qui couronne la colline et qui présente son facies d'altération bien connu. Le baromètre altimétrique Goulier nous donne comme altitude (corrigée) au-dessus du niveau de la station de Cassel 118^m.50 pour le sommet du Mont des Récollets.

Nous redescendons la colline pour remonter ensuite vers Cassel; nous jetons, en passant par le cimetière, un coup d'œil sur la curieuse et célèbre pierre tombale du docteur Winfried, constituée par une grande dalle de grès diestien passant sur sa face postérieure à un poudingue à gros cailloux de silex cacholonisés.

En continuant à monter vers Cassel, nous trouvons la source de la Gendarmerie, qui indique le niveau du sommet de l'argile sableuse glauconifère asschienne (dite de la Gendarmerie), que nous avons déjà constatée au Mont des Récollets; le baromètre nous donne la cote corrigée de 101^m.5 au-dessus de la station de Cassel.

M. Rutot fait remarquer que si le Diestien n'avait pas ici, comme c'est souvent le cas, raviné le terrain sous-jacent, nous aurions au-dessus de l'argile glauconifère, une argile grise sans glauconie, puis du sable doux glauconifère constituant l'Asschien complet; peut-être même du sable blanc rude surmonté de sable fin, très argileux et celui-ci recouvert de sable meuble stratifié: ces dernières couches représentant le Tongrien.

Après ces constatations, nous rentrons à Cassel pour déjeuner. Nous notons en passant que le baromètre Goulier nous donne, pour le seuil de la chapelle des Jésuites, l'altitude de 113 mètres (après correction) au-dessus de la station.

L'après-midi la Société gagne le sommet de la colline où s'élève le monument consacré aux vainqueurs des trois batailles de Cassel :

Robert le Frison — 1071.

Philippe de Valois — 1328.

Philippe d'Orléans — 1677.

Cassel (l'ancien *Castellum Morinicum*) était à l'époque romaine un centre important de communications dont plusieurs subsistent encore.

Au sommet de la colline nous trouvons des vestiges de maçonneries romaines faites de grès diestiens, de fragments de tuiles, etc.

Un silex taillé, ramassé par M. Rutot tout près de là, montre que l'homme préhistorique avait su, bien avant les Romains, apprécier les

avantages du Mont Cassel, au point de vue défensif. Du haut de la colline on découvre un magnifique panorama : vers le Sud, la vue n'est bornée que par les collines de l'Artois, bord du grand bassin tertiaire franco-belge, tandis que vers le Nord, elle se perd au loin dans la brume où s'estompent les tours d'Ypres et de Poperinghe.

Vues du Mont Cassel, les petites collines qui, d'en bas, mouvementaient le sol de la Flandre, s'atténuent et se perdent dans la tranquillité pleine de charme de la plaine.

Quittant à regret cet admirable point de vue, nous descendons pour retrouver, auprès des moulins assis sur le flanc Ouest de la colline, des affleurements du sable diestien, qui en constitue le sommet.

A mesure que nous descendons, le relief des petites collines qui parsèment la plaine devient plus sensible. Un cercle presque fermé de ces collines entoure le Mont Cassel. Le hasard des érosions a créé ici une disposition que M. Gosselet a comparée à la Somma qui entoure le Vésuve.

M. Gosselet nous fait remarquer en passant combien, dans ce pays d'argile, la forme des vallons est caractéristique à leur naissance; ils présentent en effet un cirque aux parois abruptes d'un aspect pittoresque et sauvage, qui contraste singulièrement avec l'allure calme du reste de la région.

La Société se dirige ensuite vers la colline du Tom, l'une de celles qui entourent le Mont Cassel. Le sommet est couvert de prairies qui trahissent sa nature argileuse. Un des fossés de la route nous permet du reste de constater à 0^m.40 de profondeur, la présence de l'argile bleue ypresienne.

M. Gosselet rappelle qu'en Belgique les collines sont beaucoup moins nombreuses qu'aux environs de Cassel et qu'en outre, elles sont souvent sableuses.

Il ajoute que les collines de la Flandre sont généralement alignées de l'Ouest à l'Est : le Mont des Récollets et le Mont Cassel forment un premier groupe, tandis que le Mont des Cats, le Mont de Boeschepe, le Mont Kokereele et le Mont Noir constituent un second alignement.

Cette disposition prouve que l'érosion qui a enlevé à la plaine toute l'épaisseur des sables diestiens et éocènes qui la recouvraient primitivement, a été produite par des courants dirigés E.-O. ou O.-E.; cette dernière direction paraît la plus probable si l'on tient compte que depuis le dépôt des sables diestiens il s'est produit un relèvement du bord occidental du bassin; mouvement que révèle la comparaison des altitudes de ces dépôts en Angleterre, en France, en Belgique et en Hollande.

A la descente de la colline, nous constatons la présence de l'argile

grise ypresienne sous l'argile bleue; après quoi, nous traversons le Peene Becque (affluent de l'Yser). M. Gosselet fait remarquer que ce ruisseau, comme presque tous les cours d'eau de la Flandre, coule entre des bords à pic, à 2 mètres de profondeur.

Dans la vallée de ce ruisseau, une briqueterie voisine du hameau le Ménégat, nous offre une coupe dans un limon argileux au sujet duquel M. Gosselet demande à MM. Rutot et Van den Broeck de faire connaître leur avis. Nos deux confrères sont d'accord pour le considérer comme moderne; pour eux, c'est un dépôt remanié des pentes (le terme *ale* de la Carte géologique). Pour M. Gosselet, c'est un dépôt formé aux dépens de l'argile ypresienne sous-jacente, mais il ne peut lui assigner d'âge précis.

Partout où un limon semblable se rencontre en Belgique, dit M. Rutot, il repose sur les couches quaternaires les plus récentes. Ici, il est vrai, il repose sur l'argile des Flandres, à laquelle il paraît même passer vers le bas, mais comme il est postérieur au creusement des vallées il serait disposé à le considérer comme moderne.

M. Gosselet estime que ce limon est le résultat d'un remaniement de l'argile ypresienne sous-jacente, mais aussi, et surtout, d'une altération sur place, au moins pour la partie inférieure.

Après ces observations, la Société s'embarque pour Saint-Omer, qui doit servir de base pour les excursions du 19 et du 20 août, terminant ainsi la fructueuse étude que lui ont offerte les terrains éocènes des environs de Cassel, si intéressants par les rapprochements qu'ils provoquent avec les couches de notre pays.

3^e JOURNÉE. — LUNDI 19 AOUT.

Excursions aux environs de Saint-Omer et dans le pays de Licques. (Terrains landeniens et crétacés.)

Les excursionnistes quittent Saint-Omer à 7 heures du matin pour se rendre à la carrière d'Arques, qui offre une bonne coupe dans les sables du Landenien supérieur (sables d'Ostricourt des géologues français). A la partie inférieure ces sables sont fins, glauconifères et rappellent, d'après M. Rutot, ceux du Mont Eribus près de Mons.

Vers le haut, il y a une couche de 2 mètres d'épaisseur d'un sable plus grossier et plus glauconifère; cette couche a une grande importance car, le sable plus fin qui est au-dessous étant souvent argileux, elle donne naissance à une nappe aquifère abondante, qui alimente une grande partie de la Flandre française.

Ces sables grossiers passent à leur tour vers le haut à des sables plus fins, blancs ou jaunâtres.

M. Gosselet expose sur place comment il divise le Landenien français. Dans le Nord du département, dit-il, le Landenien présente ce que j'appelle son facies flamand : il est fin, glauconifère, à stratification peu marquée; quelques bancs sont un peu plus grossiers, et au-dessus, il y a des sables blancs avec des lits ferrugineux résultant de l'altération de la glauconie.

Dans le Sud de la région, le Landenien montre un autre facies, qu'il nomme Cambrésien; il y est constitué par des sables blancs non glauconifères en stratification entrecroisée, ce qui indique qu'ils se sont produits au bord de la mer, car ils ne sont pas assez irréguliers pour être d'origine fluviale.

Il y a du reste passage entre les deux facies.

Vers l'Est, on ne trouve plus que des lambeaux de sable landenien.

M. Van den Broeck fait observer que le caractère littoral des sables du facies cambrésien est confirmé par les tubulations d'annélides qui s'y trouvent en abondance.

Au-dessus des sables landeniens, la carrière nous montre l'argile des Flandres; ce qui nous permet de rattacher les observations faites ici à celles de Cassel et nous donne la coupe complète des couches de la Flandre française.

Ici c'est la partie inférieure de l'argile des Flandres que nous voyons (Yc); elle se divise en petits feuillets dus à la présence, dans l'argile, de petites couches sableuses; elle contient parfois du gypse, mais ici, il a disparu par altération et n'est plus représenté que par des traces jaunes.

L'argile des Flandres est recouverte par un diluvium rempli de silex, parmi lesquels des éclats portent des traces de taille intentionnelle.

La Société va ensuite visiter une deuxième carrière voisine de la première et qui nous montre le limon (terre à briques et ergeron) reposant sur le diluvium ancien, avec épais cailloutis de silex à la base, dans lequel on a trouvé des restes d'*Elephas primegenius*, et de nombreux silex taillés. La division moyenne de M. Ladrière ferait donc ici défaut.

Les cailloux et les éclats de silex du diluvium sont développés sur une épaisseur de 2 à 4 mètres.

Ces cailloux, dit M. Gosselet, ont été accumulés à l'époque quaternaire par l'Aa. La rivière forme aujourd'hui une grande boucle contournant sur trois côtés la colline dans laquelle est creusée la carrière. Le baromètre indique qu'il y a entre le niveau actuel de l'Aa et la base du diluvium ancien une différence de niveau de 17 mètres environ et cependant l'Aa a encore aujourd'hui un cours rapide et continue à creuser son lit.

Après la visite de cette carrière, les membres de la Société se dirigent sur Blendecques et montent vers les carrières et les fours à chaux de l'Hermitage, où M. Gosselet leur montre une belle coupe dans la craie blanche. Celle-ci contient quelques rares silex noirs et l'on y trouve *Micraster cor anguinum*, *Actinocamax verus*.

Cette craie n'existe pas en Belgique, où l'on ne trouve que des couches plus récentes.

M. Rutot fait remarquer que l'on trouve *Actinocamax verus* en même temps que *Belemnitella quadrata* dans la craie de Trivières; mais ici on est plus bas et *Belemnitella quadrata* fait défaut.

Au-dessus de la craie, qui se développe sur une hauteur de 18 mètres environ, nous trouvons, sur une épaisseur de 16 à 17 mètres, le tuffeau landenien à *Pholadomya Konincki*, qui commence par un lit de cailloux roulés provenant des silex noirs de la craie sous-jacente. La surface supérieure de celle-ci est marquée par un banc continu de silex dont la durée a probablement limité l'érosion de la craie. Dans les 6 ou 7 mètres au dessus, le tuffeau est moins argileux et il est surmonté d'un peu de diluvium et de limon.

Après ces constatations, les excursionnistes gagnent le plateau et arrivent au Camp d'Helfaut, où ils peuvent observer une importante coupe dans le diluvium ancien, dont les énormes amas de silex sont exploités pour gravier; nous y recueillons de nombreux échantillons d'outils du type mesvinien. M. Rutot croit que la matière première de ces outils ne provient pas directement de la craie, mais du cailloutis de la base du Landenien.

M. Gosselet fait remarquer que la base du diluvium est, d'après la carte de l'État-Major, située à la cote 95, soit à 77 mètres au-dessus du fond de l'Aa, alors que la rivière est horizontalement très peu distante. Dans ces conditions, dit-il, peut-on lui attribuer le même âge qu'à celui d'Arques. M. Ladrière croit que non, car ici, on ne trouve pas de restes d'*Elephas primigenius*.

M. Rutot n'a pas eu, dit-il, l'occasion d'observer ce cas avec M. Ladrière, il ignore cependant dans laquelle de ses subdivisions autre que le Quaternaire ancien celui-ci fait rentrer ces graviers; des amas de cailloux semblables à ceux-ci lui sont personnellement bien connus: il les retrouve sur le sommet des collines de la Flandre, près de Staden notamment; les cailloux y sont toutefois un peu plus petits et plus roulés; on y recueille, comme ici, des outils en silex en assez grand nombre. Dans le Brabant, tous les cailloux sont très roulés et beaucoup plus petits.

Après l'exploration de cette exploitation, nous redescendons vers

l'Aa pour nous rendre par chemin de fer de Wizernes à Lumbres, d'où, l'après-midi, un chemin de fer d'intérêt local nous conduit jusqu'à Journy, en nous faisant monter sur la crête de l'Artois. Arrivés au sommet de celle-ci, un vaste cirque de dix kilomètres environ de diamètre et d'une centaine de mètres de profondeur, ouvert au centre de la colline, se développe devant nous. Le fond de ce cirque se rattache aux bords par des pentes rapides constituées par de la craie blanche.

M. Gosselet, remettant à plus tard la question de l'origine de cette dépression, se borne à nous en indiquer la constitution géologique et les relations avec les régions voisines. La crête de l'Artois, dit-il, s'étend du Sud de Lens au Gris-Nez. Elle est formée par un anticlinal, au Nord et au Sud duquel les couches s'abaissent doucement.

Dans le Boulonnais, la craie de l'arête a été arasée et profondément creusée au centre même du pli, au sommet de la crête; elle constitue de véritables falaises formant le pourtour des excavations qui, sur deux points différents, ont remplacé le sommet de la colline. Au centre de celles-ci, les couches sous-jacentes, jurassiques ou devoniennes, ont été mises à découvert.

La plus petite des deux excavations, celle de l'Est, qui s'étend devant nous, porte le nom de *Pays de Licques* ou *Petit Boulonnais*; l'autre celui de *Grand Boulonnais* ou *Bas Boulonnais*. Elles sont séparées par une partie étroite, sorte de digue de 500 mètres de largeur environ, où la craie n'a pas été enlevée. Du point où nous nous trouvons, le Pays de Licques paraît fermé de toutes parts par les falaises de craie blanche et, en réalité, celles-ci ne présentent de solution de continuité que sur un seul point où une fissure, une véritable cluse, donne passage à une petite rivière, affluent de l'Aa, qui recueille toutes les eaux du cirque.

Le fond de celui-ci est formé par les couches inférieures du terrain crétacé qui y constituent de petits monticules et, dans les points les plus bas, laissent à découvert des pitons de roches devoniennes.

Après cet exposé, le savant professeur nous guide à la descente dans l'intérieur du cirque, durant laquelle il nous fait constater qu'il n'y a nulle part de limon et que c'est la craie elle-même qui est cultivée et, dit-il, il en est ainsi dans tout le pays de Licques.

En descendant, nous examinons au bord du chemin qui descend vers Fouquexolles, au point coté 94 sur la carte de l'État-Major, une coupe dans la craie à *Ammonites rotomagensis*. Cette assise est inférieure à la craie blanche turonienne constituant le sommet de l'arête et est presque aussi blanche que cette dernière; elle est légèrement argileuse et renferme d'assez nombreux nodules de pyrite; elle correspond au Tourtia, base du Cénomanién.

Descendant toujours, nous traversons le ruisseau de Bas-Wissocq en un endroit qui, d'après les indications du baromètre Goulier, est situé à 24 mètres au-dessous du point examiné précédemment, soit à la cote 70, pour aller examiner dans la prairie de la ferme Devigne-Senecat un affleurement devonien, constitué par le grès de Fiennes, que M. Gosselet a démontré être l'équivalent des psammites du Condroz. Les échantillons que nous détachons sur place sont assez gréseux avec paillettes de mica médiocrement abondantes; mais des blocs trouvés tout près de l'affleurement présentent au contraire le caractère stratoïde avec nombreuses paillettes de mica de nos psammites.

Au sortir de la prairie, un fossé de la route nous montre l'argile du Gault, qui repose directement sur le Devonien.

Les membres de la Société revenant sur leurs pas, reprennent le chemin de Journy et, arrivés à la station, continuent à monter vers la crête, où M. Gosselet leur signale l'apparition d'un limon très argileux recouvrant la craie turonienne. Dans la partie supérieure du limon, il n'y a pas de silex, mais, dans le bas, les éclats et les blocs de silex sont très abondants, ils ont une teinte brun-noirâtre et sont très abondants. Les blocs ne sont pas roulés et quelques-uns sont très volumineux.

On prétend que ce limon et ces silex sont le résidu de la dissolution de la craie, mais M. Gosselet estime qu'il y a trop d'argile pour que cette explication soit admissible. Les avis au sujet de ce limon sont, dit-il, très partagés, car on n'y trouve pas de fossiles. Sur la carte géologique de France, on l'a indiqué comme miocène; pour ma part, je suis porté à croire qu'il est éocène.

M. Rutot trouve en Belgique une argile à silex analogue sur le plateau de Herve et en Hesbaye. Comme il est très difficile de fixer d'une manière précise l'âge de ce dépôt qui, pour lui et pour M. Van den Broeck, constitue bien une altération sur place de la craie, les géologues belges ont préféré noter cette couche, non pas comme éocène, mais simplement comme facies d'altération de la craie.

Nous redescendons ensuite vers la station de Journy où nous prenons le train pour gagner Saint Omer. En débarquant, M. Gosselet profite des dernières clartés du jour pour nous montrer dans les talus d'un fossé du faubourg de Lysel une terre grise remplie de petites coquilles d'eau douce, appelée dans le pays « terre à écaillettes » et au sujet de laquelle il compte nous entretenir ce soir.

SÉANCE DU SOIR.

Origine du cirque du Petit Boulonnais et de la « terre à écaillettes de » Saint-Omer.

M. Gosselet prend la parole en ces termes :

Vous avez pu, Messieurs, constater dans notre excursion d'aujourd'hui que le cirque qui forme le Petit Boulonnais est constitué à la circonférence par la craie blanche turonienne, au centre par la craie cénomaniennne et par l'argile du Gault, avec quelques pointements de psammites devoniens. Je crois que l'origine de ce cirque doit être rapporté à l'action des agents météoriques. Il est situé sur l'axe du grand pli du Boulonnais, en un point où toutes les couches plongent, d'une part vers le bassin de Paris et d'autre part vers le bassin de la Flandre. Le bombement a dû provoquer, dans la craie à *Microster coranguinum* qui, avec l'argile à silex, occupait le sommet du pli, des crevasses où les eaux météoriques ont pénétré. Comme cette craie est en outre par elle-même perméable, le dôme de la colline a pu être arasé assez rapidement.

La craie marneuse mise alors à découvert est beaucoup moins perméable que la craie turonienne, mais par contre, elle est plus fendillée, de sorte que les pluies tombant sur le plateau à peu près horizontal créé sur la crête par l'arasement de la craie turonienne ont pu attaquer le centre de la colline, le creuser jusqu'à l'argile du Gault, en s'écoulant par le point le plus bas du pourtour, c'est-à-dire par la cluse de Tournehem.

Je ne me dissimule pas qu'il y a bien des choses qui ne sont pas suffisamment expliquées par cette théorie, mais j'ai dû écarter l'hypothèse d'un effondrement puisque nous trouvons le Devonien à sa place normale dans le centre du cirque. Dans le prolongement du Petit Boulonnais se trouve le Bas-Boulonnais, qui est constitué par un cirque de même nature que celui du Pays de Licques, mais beaucoup plus grand et largement ouvert du côté de la Manche vers laquelle s'écoulent ses eaux ; la ceinture de craie y est très développée et, en outre, on y voit au fond des couches jurassiques qui manquent dans le petit cirque parce que le rivage de la mer jurassique passait plus au Sud ; ce qui fait que le Gault repose directement sur le Devonien.

Entre les deux Boulonnais s'étend un espace de 500 mètres environ où la craie n'a pas été enlevée, c'est le Ventu. De ce point on a une vue admirable sur les deux dépressions.

Pourquoi la craie du Ventu a-t-elle été épargnée ; c'est un problème qui n'est pas encore résolu.

Le phénomène d'enlèvement de la craie qui nous occupe se retrouve également dans le pays de Bray et en Angleterre.

M. *Van den Broeck* soumet à M. Gosselet l'objection suivante : Il y a des bancs de silex dans la craie et de nombreux silex dans l'argile qui la surmonte, on devrait donc retrouver dans le fond du cirque une grande accumulation de silex provenant de ces couches, or, nous avons vu au contraire la craie à nu.

M. Gosselet répond que, selon lui, les cailloux ont été enlevés, balayés par les eaux au début de la formation du cirque, à l'époque tertiaire et à l'époque quaternaire. Il doit admettre l'enlèvement mécanique, car il suppose que l'argile à silex a recouvert tout le dôme de la colline.

M. *Rutot* admet l'enlèvement mécanique de l'argile à silex par les eaux météoriques *avant* la création du cirque, ainsi que celui des silex de la craie turonienne. A cause du bombement de la région, le ruissellement a entraîné à l'extérieur les silex et la craie jusqu'à constitution d'un plateau. Mais pour la troisième phase du phénomène, creusement du cirque, il croit qu'il faudra recourir à l'action chimique ou dissolvante, car il ne voit pas l'action torrentielle capable d'enlever les blocs de craie résultant du fendillement. Cela est surtout vrai pour la fin de l'érosion, alors que les circonstances ont dû être à peu près les mêmes qu'aujourd'hui. A son avis, l'amoncellement de blocs de craie qui devait encombrer le cirque a dû disparaître par dissolution. Quoi qu'il en soit, il reste toujours cette objection qu'on ne trouve pas de silex à la sortie de la cluse, mais il n'en est pas moins vrai que l'hypothèse de M. Gosselet est parfaitement rationnelle et qu'elle doit être, d'une manière générale, l'expression de la vérité.

M. *Van den Broeck* ajoute que, pour apprécier l'action mécanique, il faut songer que le bassin pluvial est limité par l'étendue du cirque lui-même, ce qui ne permet de faire appel qu'à une quantité d'eau relativement peu considérable.

Après la discussion, M. Gosselet reprend la parole pour nous parler de la *terre à écaillettes*.

Elle repose, dit-il, sur ce que les ouvriers ont appelé fort improprement le *fond de mer*, qui lui-même recouvre la tourbe. Le « fond de mer » est un tuf formé par une sorte de gravier calcaire transporté par l'Aa et concrétionné dans les endroits où l'évaporation a été particulièrement forte. L'âge moderne de cette couche est bien établi par le fait que l'on a trouvé un tombeau romain recouvert par elle. Aujourd'hui l'Aa ne transporte plus de calcaire, il y a donc eu, depuis l'époque romaine, une diminution dans le régime pluvial.

Dans la vallée de la Somme, il y a aussi des tufs reposant sur la tourbe dans lesquels on trouve des débris romains. Il faut donc que là aussi il y ait eu des eaux plus abondantes et un développement de sources plus grand qu'aujourd'hui.

M. Rutot rappelle qu'en Belgique il y a également des tufs calcaires (Marche-les-Dames, etc.), probablement aussi postérieurs aux Romains, mais sans détermination d'âge précis. Il se peut, dit-il, que le déboisement soit pour beaucoup dans le ralentissement de la formation des tufs, car la végétation et l'humus influent sur la quantité d'acide carbonique dont se chargent les eaux et par conséquent sur la quantité de calcaire qu'elles dissolvent.

M. Gosselet ajoute que rien près de Saint-Omer ne rappelle un fond de mer, et cependant pour quelques auteurs le *Sinus Itius* de César ne serait autre que Saint-Omer. Entre cette ville et la mer il y a un seuil bien marqué et, en outre, on trouve ici une formation de tourbe contemporaine de la conquête de César. Le *fond de mer* s'est formé plus tard dans un étang qui a été mis en communication avec la mer par un déversoir situé près de Watten. Vers le IV^e siècle, la mer s'est avancée jusque près de cette dernière localité ; à l'époque de César au contraire, la côte était plus loin de Saint-Omer qu'aujourd'hui, peut-être beaucoup plus.

M. Rutot admet complètement ce que dit M. Gosselet ; il croit que, vers l'époque de la conquête romaine, le littoral n'était pas rectiligne comme il l'est actuellement, qu'en certains points la côte était située très au large de la côte actuelle, mais qu'en revanche il existait des golfes profonds. En effet, la tourbe ne recouvre pas toute la plaine maritime, il y a à la limite de la France et de la Belgique une région (les Moeres) où toutes les couches superposées sont marines, sans intercalation de tourbe ; par conséquent jusqu'à une époque très rapprochée de nous, la mer y a eu accès de tout temps, formant un golfe.

M. Gosselet ajoute qu'entre le marécage de Saint-Omer et la côte actuelle de la mer, il y a eu des dépôts marins et que, plus tard, de nouveaux dépôts marins se sont superposés.

3^e JOURNÉE. — MARDI 20 AOUT.

Excursion du Mont Watten à Calais. (Terrains modernes et quaternaires.)

Les excursionnistes prennent le train pour Watten à 8 h. 1/4 La voie qui suit l'Aa traverse cette curieuse région formée aux dépens d'anciens marais. Nous constatons l'exactitude de la description qu'en

donne M. Gosselet dans sa *Géographie physique du Nord de la France et de la Belgique*, page 52 : « ... Ces marais ont été presque » tous desséchés et mis en culture ; les uns sont transformés en prairies, d'autres portent des céréales, la plupart sont consacrés à la culture maraîchère. Le faubourg de Lysel à Saint-Omer, où chaque propriété est limitée par de larges fossés qui servent à la circulation des barques, est une petite Venise rurale. Il n'y a pas de chemins ; tous les transports se font par eau, même ceux des charrues et des chevaux. »

Au commencement du siècle, ajoute-t-il, il existait encore près de Clairmarais d'importants marais couverts d'eau, où l'on voyait des îles tourbeuses *flottantes* qui ont été peu à peu détruites, ou se sont fixées à mesure que l'on desséchait le marais.

Arrivés à Watten, nous montons rapidement sur la colline de ce nom, qui, dans sa partie inférieure, est constituée par l'argile des Flandres couverte de prairies ; le sommet est sableux et surmonté par le diluvium.

M. Gosselet nous fait remarquer le contraste frappant qui existe entre la configuration de la Flandre accidentée, qui cesse au pied des collines, et la plaine maritime presque parfaitement plane qui commence. Les limites de cette plaine indiquent jusqu'où la mer s'est avancée pendant l'époque moderne et montrent qu'il est impossible d'admettre que Saint-Omer ait été un port à l'époque de la conquête romaine. Entre la mer et Saint-Omer il y avait un lac où se déposait la terre à écaillettes, tandis qu'au Nord du Mont Watten on trouve au contraire des sables marins datant de l'ère moderne. Entre le Mont Watten et les collines de l'Artois, il s'est formé une cluse à une époque que l'on ne peut déterminer, mais qui correspond probablement à la débâcle du lac de Saint-Omer.

Après cet exposé, nous redescendons vers la station de Watten prendre le train pour Holque.

Ce dernier village est bâti sur un îlot quaternaire épargné lors des invasions modernes de la mer. Autour de l'îlot, sous la tourbe on trouve 20 mètres d'un sable marin, qui peut être l'équivalent du Flandrien des géologues belges (Q4).

Un fossé près de la route d'Holque à Saint-Pierre-Brouck nous montre ensuite la tourbe, sur laquelle on voit un sable légèrement argileux avec Scrobiculaires, etc. ; dans les parties où le sable n'est pas argileux, il renferme des *Cardium*, des *Tellina*, etc.

Un sondage exécuté près de ce fossé, et tout près d'un repère du nivellement général qui indique la cote 3, nous donne :

Sable gris à <i>Cardium</i>	2 ^m .00
Sable gris argileux avec Foraminifères	0. 25
Tourbe	1. 25
Sable très argileux	—

M. Rutot croit que le sable supérieur coquillier représente le terme *alq* de la légende de la Carte géologique de Belgique.

Le sable gris argileux correspond à l'ensemble de l'argile des Polders inférieure *alp 1* et des alternances de sable et d'argile *alr 2*. La tourbe vient parfaitement à sa place et sous la tourbe, vient l'équivalent du terme *alr 1*.

Le sondage terminé, la Société retourne à Holque et prend, vers une heure, le train pour le Pont-d'Ardres.

Une ancienne briqueterie située à quelques centaines de mètres au Nord du Pont-sans-pareil nous montre une argile sableuse avec Hydrobies et Cardiums. Cette argile a été exploitée jusqu'au niveau de l'eau. Pour assécher le terrain et le remettre en culture on a été ensuite amené à approfondir les fossés d'écoulement et l'on est ainsi arrivé sur de la tourbe, à la surface de laquelle on a trouvé de nombreux débris de poteries grises ou vernissées, qui ne sont pas plus anciennes que le XII^e ou le XIII^e siècle et qui jonchent encore le sol avec les terres provenant de la fouille. Cette tourbe n'est pas la tourbe inférieure de l'époque gallo-romaine, que l'on rencontre en d'autres points de la région et où des vestiges de cette époque se rencontrent assez communément.

La carte de nivellement très précise dressée pour cette région par le Génie maritime montre, dit M. Gosselet, que les points où la mer est ainsi arrivée sont situés au-dessous de la cote 1 mètre à 1^m.70 (2^m.40 à 3^m.10 du nivellement de l'I.-C. mil^{re} belge). Elle y a séjourné et y a déposé des sédiments qui sont sableux dans le bas et argileux dans le haut.

Un sondage exécuté dans cette briqueterie nous permet d'établir la coupe suivante :

Argile sableuse, enlevée pour la fabrication des briques, sur une épaisseur de	1 ^m .00
Sable gris légèrement argileux avec poteries vernissées	0. 50
Tourbe (constituée par des plantes de marais et plantes terrestres)	0. 50
Sable gris légèrement argileux	0. 10
Tourbe.	0. 80
Alternances d'argiles sableuses et de sable gris argileux, traversées sur.	1. 10

M. Gosselet croit que les sables et argiles du fond, que la sonde n'a pas traversés sont quaternaires. M. Rutot pense qu'ils pourraient être modernes et correspondre à son terme *alr1*, car en Belgique le Flandrien (Q4) se présente généralement avec un aspect plus grossier mais avec quelques zones plus ou moins argileuses, surtout vers le bas.

Un autre sondage pratiqué dans une prairie près du *Café BelleVue*, voisin de la gare du Pont d'Ardres, nous donne les résultats suivants :

Sable très grossier rempli de matières organiques et de	
débris de briques et de poteries	1 ^m .00
Tourbe	1. 30
Sable gris aquifère	2. 20

Le sondage est arrêté à 4^m.50. Ce sable inférieur à la tourbe (*alr1*) est le même que celui rencontré au bas de notre sondage précédent; c'est donc la tourbe inférieure gallo-romaine que nous avons ici.

Le train nous transporte ensuite jusque Coulogne. Ce village, dont le nom révèle l'origine romaine (*Colonia*), est bâti sur une élévation qui a constitué une île pendant l'inondation. La mer y a laissé un cordon littoral de galets bien roulés, alternant avec des sables grossiers irrégulièrement stratifiés; le tout bien visible sur 4 mètres de hauteur dans une exploitation à l'Est du pont de Coulogne.

M. Van den Broeck se demande si ces amas de galets ne pourraient pas être rapportés aux accumulations que l'on trouve entre les bras d'un delta, car les cailloux lui paraissent avoir un aspect plutôt fluvial que marin.

M. Rutot croit également que cet îlot pourrait être rapporté au diluvium ancien qui, en Belgique, présente souvent cet aspect.

M. Gosselet ne peut admettre cette manière de voir, attendu que le gravier en question repose sur le sable pissart (*alr1*), ce qui lui donne une évidente et indiscutable *origine post-quaternaire*.

Sur la route de Coulogne à Calais, un peu avant d'arriver à cette dernière ville, M. Gosselet nous montre, dans le fossé qui borde le chemin, un sable roux jaunâtre, qui renferme souvent des cailloux et repose sur la tourbe; il est quelquefois surmonté par un tuf calcaire que nous n'avons pu voir en cet endroit, mais que nous avons reconnu plus près du faubourg Saint-Pierre.

Ce tuf, appelé par M. Gosselet *Tuf de Saint-Pierre*, repose sur les cailloux entre lesquels il pénètre souvent; il avait, à l'endroit observé, 0^m.50 environ.

Les membres de la Société pénètrent ensuite dans Calais, d'où ils se rendent à Marquises, qui doit devenir leur centre d'opérations jusqu'à la fin de la semaine.

4^e JOURNÉE. — MERCREDI 21 AOUT.**Excursion de Sangatte à Wissant. (Terrains quaternaires et crétacés.)**

Les membres de la Société présents à la belle excursion de ce jour se rendirent de Marquises à Sangatte, où ils descendirent sur la plage. C'est là que se termine la grande plaine maritime, qui s'étend jusqu'au Jutland et que la chaîne de dunes qui la borde est remplacée par les belles et imposantes falaises qui abritent dans leurs anfractuosités plusieurs charmantes stations balnéaires bien connues.

Ces falaises sont constituées, à Sangatte, par une véritable brèche crayeuse quaternaire, un entassement de débris de craie blanche et de silex concassés avec sables grossiers stratifiés, le tout surmontant un lit de cailloux, de silex roulés par la mer et qui reposent sur la craie. A cette brèche, succède vers le Sud un mur de craie. La séparation de ces deux dépôts si différents est constituée par une ligne nettement verticale dans le haut ; toutefois à quelques mètres au-dessus du niveau de la plage, cette ligne devient brusquement à peu près horizontale, mais avec un léger plongement vers le Nord.

C'est la plage soulevée, la falaise quaternaire si célèbre dans les annales de la géologie du Boulonnais.

Bien que de nombreux auteurs se soient occupés de cette formation, on n'a pas encore pu en relier les diverses subdivisions qui y ont été établies avec celles du Quaternaire du Nord de la France, mais leur âge quaternaire est hors de doute car on y a trouvé des débris d'*Elephas primigenius*. M. Ladrière croit que ce diluvium provient du lavage du Blanc-Nez.

Au pied de la falaise, on voit un grand nombre de galets de craie légèrement grisâtres qui sont amenés de l'Ouest et qui marquent bien la direction du courant côtier.

La falaise de craie en place qui succède à la falaise quaternaire nous montre, de haut en bas, les couches suivantes :

- 1^o Craie à silex à *Micraster breviporus*.
- 2^o Craie blanche à *Terebratulina gracilis*, qui représente les *fortes toises* et le *gris des mineurs* ou *craie de Maiçières* du Bassin de Mons, mais ces couches sont ici moins marneuses qu'en Belgique.
- 3^o Craie noduleuse à *Inoceramus labiatus*, légèrement verdâtre, équivalente des *dièves* de Mons.
- 4^o Craie marneuse à *Belemnites plenus*.
- 5^o Craie marneuse à *Ammonites Rotomagensis*. C'est cette dernière

couche qui constitue tout le pied de la falaise depuis Sangatte jusque près du Cran d'Escalles. Les couches supérieures ne sont pas accessibles, mais la mer s'est chargée d'en détacher de gros blocs, au milieu desquels nous trouvons de grandes *Ammonites Rotomagensis*, *A. nodosoides*, etc., ainsi que de nombreux rognons sphériques et cylindriques de marcassite.

Dans la craie marneuse à *Ammonites varians*, nous constatons l'existence de nombreuses grottes que la mer y a creusées, en élargissant des fentes préexistantes. C'est dans cette craie grise compacte que l'on avait projeté de creuser le tunnel de la Manche.

Chassés par la marée montante, nous profitons du Cran d'Escalles pour quitter la plage et monter aux Noires Mottes, où nous trouvons successivement, au-dessus de la craie : le sable landenien qui a été exploité et qui présente des parties argileuses, et au sommet le sable diestien non fossilifère mais reconnaissable, resté comme un témoin des grandes dénudations quaternaires.

Du haut des Noires Mottes, nous pouvons contempler les collines du Pas-de-Calais, qui décrivent une légère courbe convexe vers le Sud pour se terminer en éventail du Gris-Nez au Blanc-Nez.

L'après-midi, la marée basse nous permet de reprendre l'étude des couches de la craie, que leur plongement vers le Nord amène successivement au niveau de la plage.

Nous constatons que la craie marneuse à *Ammonites varians* donne naissance à d'abondants suintements d'eau douce et même à de vrais ruisseaux. La coloration brune que prend la craie imbibée d'eau, ainsi que la végétation qui tapisse les parties humides, permettent de reconnaître nettement les limites de la couche aquifère. Celle-ci est délimitée d'abord et jusque 200 mètres au S.-O. du Cran d'Escalles, par un banc de craie plus dure qui surmonte la craie à *Ammonites varians*, puis, tout à coup, la ligne de démarcation descend brusquement à travers cette dernière couche pour suivre ensuite un second banc dur de la craie.

Le peu de temps dont disposait la Société ne lui a pas permis de faire un examen approfondi du phénomène hydrologique ainsi pris sur le vif, mais nous espérons que l'un de nos confrères de Lille voudra bien se charger d'en faire l'étude, qui pourrait être intéressante au point de vue de la circulation de l'eau dans les calcaires, sujet si controversé au sein de notre Société.

Après la craie marneuse à *Ammonites varians*, qui nous fournit *A. Rotomagensis*, *A. Mantelli*, *A. varians*, *Terebratula semi-globosa*, etc., nous rencontrons la craie marneuse glauconifère à

A. laticlavus (*Chloritic Marl*), qui ressemble beaucoup au *Tourtia de Mons*, mais dont les fossiles ne sont pas les mêmes que dans cette dernière couche.

Le dépôt du Boulonnais est marin et littoral; aussi, M. Barrois, n'y trouvant pas les fossiles du *Tourtia de Mons*, également littoral, en conclut que les deux dépôts sont d'âge différent.

M. Gosselet estime au contraire que, des deux côtés, les couches à *Ammonites varians* et *laticlavus* sont immédiatement inférieures aux couches à *Belemnites plenus* et y passent insensiblement, et qu'il n'y a pas de raison bien concluante pour leur attribuer un âge différent dans le Boulonnais et dans le Bassin de Mons.

Il fait remarquer que, par suite de la situation littorale des deux régions considérées, il pouvait y avoir, à Mons comme ici, des moments où la mer n'arrivant plus, il se produisait une lacune dans la sédimentation.

L'argile du Gault que nous rencontrons ensuite, a été divisée par M. Barrois en deux étages, en raison des différences que présente la faune : l'inférieure, caractérisée par *Inoceramus sulcatus*, est la plus développée; c'est la même argile grise, marneuse, compacte, que dans l'Argonne; la supérieure est l'argile bleue foncée, à *A. inflatus*, épaisse d'un à deux mètres seulement et que nous n'avons pu voir.

Entre l'argile grise et le grès vert qui constitue ensuite la falaise, il y a un lit de nodules phosphatés et pyriteux qui est exploité et qui nous a fourni de nombreux fossiles et notamment *Am. mammillaris*, qui caractérise cette couche du Gault. Le grès vert lui-même était caché par de grands éboulements, mais nous avons pu le voir en place, sous forme de grands blocs affleurant sur l'estran.

Près de Wissant, M. Bayet appelle l'attention sur les accumulations de rognons de marcassite que l'on a observés en divers points de la plage et particulièrement près du Petit Blanc-Nez. Ces nodules proviennent de la désagrégation des couches du Gault. Cette désagrégation et cette disposition en couche assez étendue est incontestablement un effet de la vague.

M. Gosselet nous fait observer que le grès vert se relève vers l'Ouest; vers l'Est il se prolonge sous la mer et reparait à Folkstone, après avoir décrit une courbe convexe vers l'Est, accentuée surtout près de la côte anglaise.

Ce mouvement des couches montre où était le point le plus bas et où s'est établie la communication entre la Manche et la Mer du Nord. Je crois, dit-il, que cette communication existait déjà à l'époque pliocène.

M. *Van den Broeck* rappelle que lorsqu'on parle de l'époque pliocène il faut distinguer car, outre les deux périodes bien connues depuis longtemps et correspondant : la diestienne à une mer chaude, la scaldienne à une mer demi-chaude, les études faites en Belgique durant ces dernières années nous amènent à reconnaître un troisième terme, avec faune nettement boréale, ce qui porte à croire qu'à l'époque poederlienne, le détroit était fermé et que la Mer du Nord subissait exclusivement l'influence de l'Océan Glacial.

M. *Gosselet* objecte que le Diestien est identique en Belgique, en France et en Angleterre; ce qui fait supposer qu'il y avait communication entre les deux mers à l'époque pliocène.

M. *Van den Broeck* admet que la communication existait au Pliocène inférieur, mais plus au Pliocène supérieur.

M. *Rutot* rappelle que les faunes quaternaires (Homme, Mammouth, Rhinocéros tichorhinus, etc.) étant identiques des deux côtés du détroit, il devait nécessairement y avoir communication entre l'Angleterre et le continent, au moins pendant le Quaternaire inférieur et pendant le Quaternaire moyen. Cela n'empêche du reste en rien la séparation continentale à l'époque diestienne.

M. *Gosselet* attribue l'ouverture du détroit au mouvement des couches qui a déterminé le point d'érosion.

Après le grès vert, le savant directeur de la course nous montre, dans une petite falaise, des sables marins irrégulièrement stratifiés, dont l'âge est moderne; puis un sol tourbeux gallo-romain reposant sur le Gault. Nous trouvons dans le lit tourbeux des fragments de poteries, des ossements et des coquilles comestibles.

Sur la plage, se montrent des affleurements de tourbe avec des racines et même des troncs d'arbres, encore recouverts de leur écorce.

Plus près de Wissant, nous trouvons des sables argileux ayant la couleur de l'argile du Gault, mais que M. *Gosselet* ne croit cependant pas devoir être rapportés à cet étage; les parties supérieures sont altérées et ont une couleur rougeâtre.

Après ces constatations, nous gagnons Wissant, dont le port, si florissant au XII^e et au XIII^e siècle, s'ensable depuis lors d'une façon continue — malgré tous les efforts des habitants — à mesure que s'effectue la destruction du Gris-Nez.

De Wissant, nous rentrons en voiture à Marquise, en traversant une partie du Boulonnais.

6^e JOURNÉE. — JEUDI 22 AOUT.**Excursion aux environs de Marquise. (Terrains primaires du Boulonnais.)**

THÉORIE DU BASSIN HOILLER DU BOULONNAIS PAR M. GOSSELET.

La Société se rend de Marquise à Blecquenecques dans le but d'étudier la remarquable série de couches du Devonien, du Carbonifère et du Houiller, qui se développent entre ce hameau et Caffiers.

Afin de faciliter la lecture de cet exposé, nous donnons ci-dessous, d'après M. Gosselet, la succession des couches :

13. Terrain houiller de Locquinghen à végétaux	} Houiller.
12. Grès d'Hardinghen à <i>Productus Flemingi</i>	
11. Calcaire à <i>Productus giganteus</i>	} Carbonifère.
10. Marbre Napoléon à <i>Productus undatus</i>	
9. Calcaire du Haut-Banc à <i>Productus Cora</i>	
8. Dolomie à encrines du Moulin de Hure	
7. Grès de Fiennes, argile rouge et schistes à <i>Cucullæa Hardingii</i>	} Devonien.
6. Calcaire de Ferques à <i>Spirifer Verneuilli</i>	
4-5. Schistes de Beaulieu et dolomie des Noces	
3. Calcaire de Blacourt à <i>Orthis striatula</i>	
2. Conglomérat, schistes rouges et grès de Blacourt.	} Silurien.
1. Schistes à graptolithes	

La carrière Reynier, que nous visitons d'abord, nous montre des couches du calcaire carbonifère à *Productus Cora* plongeant vers le N.-N.-E., sous un angle de 35 à 40°. Le calcaire que l'on y exploite appartient à la partie supérieure de cet étage.

La carrière Rendon, que nous voyons ensuite, nous offre des couches plus anciennes du même étage, où l'on exploite les marbres Caroline et Henriette. Le calcaire y présente encore la même inclinaison vers le Nord et montre les têtes de banc arasées suivant un plan horizontal.

Sur le calcaire reposent des sables dans lesquels, en dehors de quelques débris végétaux indéterminables, on ne trouve pas de fossiles. M. Gosselet les croit d'âge bajocien. En d'autres points de la région, dit-il, on trouve d'autres sables assez semblables à ceux-ci, mais que l'on rapporte au Bathonien.

Il est probable qu'en réalité on a affaire à des sables d'âge indéterminable qui représentent le facies aachenien pour le Jurassique inférieur.

M. Rutot croit que, vu l'arasement parfaitement net du calcaire, il y a lieu d'attribuer à ces sables une origine marine littorale.

En général, le calcaire exploité ici est gris, c'est le marbre Caroline;

il renferme quelques parties violacées et dolomitiques et est corrodé par plusieurs aiguigeois, dont l'ouverture n'est pas visible.

Dans la partie inférieure de la carrière, on a trouvé, selon les prévisions de M. Gosselet, le banc de marbre blond et noir, connu sous le nom d'Henriette et beaucoup plus estimé que le Caroline. Le marbre Henriette est, grâce au relèvement des couches vers le Sud, exploité dans une autre carrière située dans cette direction.

La carrière Lunel, où nous nous rendons en quittant la carrière Rendon, est située plus haut que cette dernière. Les bancs y sont plus épais. C'est la partie supérieure du calcaire à *Productus Cora*, mais ce fossile y est très rare et disparaît complètement dans le calcaire du Haut-Banc.

Le calcaire exploité dans le bas de la carrière est blanc jaunâtre avec des filets rougeâtres, il est peu estimé comme marbre, mais il constitue une excellente pierre de construction. Il a l'aspect du calcaire du Samson et représente notre Viséen inférieur.

On y a recueilli, et M. Rigaux a pu déterminer :

Chonetes papilionacea, *Productus Cora*, *Spirifer glaber*, *Cyrtina Lonquetii*, *Athyris planosulcata*, *Rhynchonella pleurodon*, *Euomphalus*.

A la partie supérieure de la carrière, on exploite le marbre Napoléon avec *Productus undatus*, *Spirifer glaber*, etc., très abondants.

Sur le Calcaire carbonifère reposent, de bas en haut : un sable et un calcaire argileux : tous deux d'âge bathonien.

La surface du Calcaire carbonifère est arasée suivant une surface presque parfaitement plane, mais M. Gosselet nous y fait remarquer des poches de 0^m.50 à 1 mètre de profondeur rappelant les poches à phosphates de la craie et qui sont remplies par des sables et des argiles à facies aachénien. Les couches marines bathoniennes qui sont au-dessus descendent légèrement dans ces poches.

M. Gosselet pense que ces dernières sont antérieures à l'arrivée de la mer Jurassique, qui a si admirablement arasé le Calcaire carbonifère ; mais il ajoute que ce phénomène ne lui était pas connu jusqu'ici.

M. Rigaux, le savant géologue de Boulogne, qui a si bien étudié cette région, nous rejoint en ce moment ; comme M. Gosselet, c'est la première fois qu'il a l'occasion de constater ce genre de poches dans le Calcaire carbonifère, il ne peut donc, à défaut d'une étude approfondie — qu'il promet du reste de faire — en donner l'explication.

Dans la carrière Napoléon, que nous allons ensuite visiter, les couches sont horizontales et se relèvent même légèrement vers le Nord ; c'est un calcaire très compacte qui correspond aux couches à

Productus undatus du Viséen belge, mais il est beaucoup plus développé qu'en Belgique.

On a établi dans ce calcaire deux assises : l'inférieure, à *Productus Cora*, donne des marbres plus ou moins violets; la supérieure, à *Productus undatus*, où les marbres deviennent plus blancs.

M. Bayet fait remarquer qu'en Belgique le *Productus Cora* a apparu dans les récifs Waulsortiens et qu'il s'étend très haut dans le Viséen supérieur. C'est seulement par son abondance et par sa grande taille que cette espèce peut caractériser la partie inférieure du Viséen supérieur (V2a) en même temps que des calcaires oolithiques qui forment un excellent horizon dans les assises viséennes belges.

Le *Chonetes papilionacea* a une aire moins étendue : on l'a signalé dans les marbres noirs de Dinant et dans les couches à crinoïdes à faune viséenne des bords de l'Ourthe, mais c'est principalement dans les dolomies grenues de la partie supérieure de l'assise de Dinant que cette espèce abonde.

M. Rigaux fait observer que *Chonetes papilionacea* a été trouvé dans une autre carrière avec *Productus undatus*; c'est donc aussi un mauvais fossile pour caractériser les assises du Viséen.

L'exploration de la carrière est reprise et fait trouver de nombreux fossiles, parmi lesquels des Stomatoporoïdes.

M. Bayet dit qu'en Belgique ces organismes constructeurs indiquent généralement des calcaires coralligènes, que l'on connaît à divers niveaux dans le Viséen et notamment dans la partie supérieure de V2 où le *Stromatophis implicatus* (Dupont) est l'organisme du récif.

Le même membre fait aussi remarquer que l'on ne signale pas dans le Boulonnais le niveau de brèche calcaire (V2cx) si caractéristique en Belgique.

Une carrière, ouverte récemment un peu plus loin, nous montre de nouveau le marbre blanc supérieur observé dans la carrière Napoléon; mais ici, il est coupé de nombreuses failles et constitue un massif très tourmenté, fendillé. Cela s'explique, nous dit M. Gosselet, par le fait que nous nous trouvons ici sur le bord d'un grand accident géologique. Tout près d'ici, dans l'espoir de trouver du charbon, on a creusé un puits. On a traversé le Calcaire carbonifère, puis on est entré dans les schistes du Houiller inférieur. On a dû abandonner l'exploitation, car ces schistes (schistes de Ferques à *Productus carbonarius*) étaient presque verticaux et l'on courait le risque de voir le puits y rester sur une grande profondeur.

La faille qui limite cet accident géologique est elle-même à peu près verticale avec un léger plongement vers le Nord.

Le long du chemin de Ferques, M. Gosselet nous signale ensuite en passant différents affleurements du Calcaire carbonifère :

1. Calcaire noir à *Productus giganteus*, qui constitue le sommet du Calcaire carbonifère dans le Boulonnais et complète la série des couches de ce terrain que nous avons observées jusqu'ici. C'est à ce niveau que l'on rencontre un calcaire gris tendre, traversé par des lignes rouges donnant un marbre estimé, connu sous le nom de marbre Joinville. Tous les bancs de cet étage supérieur ne sont pas formés de calcaire noir; mais c'est dans des bancs noirs intercalés qu'on trouve *Productus giganteus*.

2. Calcaire Napoléon (blanc), que nous avons rencontré précédemment.

Enfin, la carrière Ramonette, que nous visitons ensuite, nous ramène sur la première assise du Carbonifère rencontrée le matin : le calcaire à *Productus Cora*; mais ici, comme nous le fait remarquer M. Gosselet, il plonge vers le Sud, ce qui nous indique que du bord Sud du bassin où les couches inclinent vers le Nord, nous sommes passés sur le bord Nord où elles plongent en sens inverse. Mais de ce côté-ci, la série des couches du Calcaire carbonifère est plus complète, puisqu'on y voit les couches inférieures au calcaire à *Productus Cora*.

Nous nous dirigeons vers Ferques et, en chemin, M. Gosselet nous montre dans une prairie un affleurement de dolomie à *encrines de Hure*, qui constitue la partie la plus inférieure du Carbonifère du Boulonnais et qui représente pour lui la dolomie de Namur (V2c).

Ces couches reposent sur le Devonien, de sorte que tout le Waulsortien et le Tournaisien feraient ici défaut.

Une petite carrière près du village de Ferques nous permet de reconnaître les grès de Fiennes à *Spirifer Verneuili* (peu abondant) que l'on exploite pour pavés. Ce grès, que l'on a appelé grès à *Cucullæa Hardingii*, alterne par bancs peu épais avec des schistes souvent rouges; il présente de très nombreuses vermiculations. M. Gosselet, vu la proximité de la dolomie, rapporte cette assise à la partie supérieure du Famennien. De son côté, M. Bayet serait, dit-il, disposé à la rattacher au grès de Montfort à *Cucullæa Hardingii* (Fa2b).

M. Gosselet objecte que les *Cucullæa* se retrouvent dans tous les grès.

M. Bayet reconnaît l'exactitude de ce fait; aussi reconnaît-il l'assise de Montfort par la présence des *Orthotetes*.

M. Gosselet répond que les *Orthotetes* faisant ici défaut, il ne lui est pas possible de dire à laquelle des assises du Famennien belge il convient d'assimiler le grès de Fiennes. Du reste, ajoute-t-il, les fos-

siles du Devonien varient beaucoup avec les facies, de sorte que les assimilations faites au moyen des fossiles entre couches situées à de grandes distances sont fort précaires.

Une grande carrière, où l'on exploite le calcaire de Ferques, nous fournit une ample récolte de *Spirifer Verneuili*, *Atrypa reticularis*, *Acervularia Davidsoni*, etc. Ce calcaire, dont les bancs pendent vers le Sud, ressemble beaucoup au calcaire noduleux de Rhisnes.

M. Gosselet nous mène ensuite voir la célèbre *dolomie des Noces*. Cette roche est ferrugineuse, cristalline et caverneuse; avec les *schistes de Beaulieu*, dans lesquels elle est intercalée, elle constitue un ensemble que l'on peut regarder, d'après lui, comme l'équivalent de nos *schistes de Bovesse* (Frb), lesquels renferment du reste des nodules d'une dolomie présentant les mêmes caractères que celle des Noces.

Dans la profondeur, celle-ci est faiblement stratifiée avec inclinaison vers le Sud, elle paraît y former de grands massifs. Dans les affleurements, elle se présente en aiguilles, en pitons irréguliers aux formes pittoresques familières à la dolomie. P.-L. Courrier rapporte au sujet de ces singuliers rochers une gracieuse légende que l'on prétend créée par lui seul : Des villageois revenant d'une noce un soir de Noël, tentés par la beauté du site, se mirent à danser sur l'herbe au clair de lune sans se soucier du saint jour qui approchait. Sur le coup de minuit, comme ils ne s'étaient point arrêtés dans leurs ébats, ils furent changés en pierres en punition de leur sacrilège.

En quittant les Noces, nous montons sur un point élevé qui nous permet de découvrir la ceinture de craie du Bas Boulonnais se terminant au Gris-Nez. Ici, comme dans le Petit Boulonnais, la craie a été enlevée avec ses silex, mais la ceinture n'est pas, comme dans le Pays de Licques, traversée par un cours d'eau; elle est ouverte vers la mer. En outre, il reste au centre de l'excavation des parties très élevées par suite du bombement des couches, dont les plus superficielles ont seules été enlevées.

Après cette matinée si remplie, nous suspendons notre excursion pour improviser un repas bien mérité. Nous avons le plaisir d'être rejoints à ce moment par quelques-uns de nos confrères de la Société géologique de Lille, parmi lesquels nous citerons M. le docteur Dutertre, M. Cambessédès, professeur à l'École des mines de Douai, etc.

THÉORIE DU BASSIN HOUILLER DU BOULONNAIS PAR M. GOSSELET.

Après le déjeuner, M. Gosselet, profitant de l'arrêt imposé par les fatigues de la matinée et les ardeurs du soleil, expose en ces termes ses idées au sujet du Bassin houiller du Boulonnais :

D'après moi ce bassin se relie au bassin franco-belge et au bassin du Sud-Est de l'Angleterre, et voici sur quoi se base ce rapprochement :

1^o Les relations étroites qui existent entre les bassins du Nord et de Douvres sont bien établies par la paléontologie végétale, dont l'étude a donné les mêmes résultats des deux côtés du détroit. Les travaux beaucoup moins complets faits jusqu'ici sur la flore belge ont cependant permis d'établir pour tout l'ensemble les mêmes subdivisions.

Mais à Hardinghen, le Houiller est recouvert par le Calcaire carbonifère; on a même cru longtemps qu'il était intercalé dans ce terrain et plus ancien par conséquent que le Houiller des autres grands bassins que je viens de citer; mais M. Zeiler a montré, par l'étude des végétaux, qu'il appartient au contraire à la partie supérieure du Houiller et est par conséquent contemporain des couches de Lens.

On peut donc, au point de vue de l'âge et de la flore, regarder le bassin houiller d'Hardinghen comme appartenant au prolongement de celui du Nord de la France.

2^o M. Breton admet, ainsi que M. Dollfus, que le Bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais passe vers Calais et Douvres, mais il estime que le bassin d'Hardinghen n'a pas les caractères stratigraphiques et paléontologiques du Houiller du Nord et du Pas-de-Calais.

Examinons dans quelles conditions stratigraphiques se présente le Houiller franco-belge.

Il y a en Belgique deux grands bassins carbonifères : le bassin de Namur et le bassin de Dinant. Dans ce dernier, la houille est très insignifiante.

Le Bassin de Namur, qui est seul exploité, a pour trait caractéristique son resserrement entre le plateau silurien du Brabant et la crête silurienne du Condroz.

Au Nord de ce bassin le Devonien a une physionomie spéciale; il constitue la bande de Rhisnes, qui comprend de bas en haut :

1^o Poudingue à Stringocéphales, surmonté par le calcaire à Stringocéphales ;

2. Schistes, parfois avec des schistes rouges; ce sont les schistes de Bovesse à *Avicula Neptuni* et à *Spirifer Bouchardi* très abondante; ils renferment des bancs de dolomie et sont surmontés par des schistes rouges à minerais de fer et par le grès des Isnes.

Après avoir étudié autrefois les bassins de Dinant et de Namur, j'ai repris les excellents travaux faits sur le Boulonnais par Godwin-Austen et j'ai constaté dans la région où nous nous trouvons toutes les couches de la bande de Rhisnes.

Cette concordance établit déjà qu'il y a continuité entre le bassin houiller franco-belge et le bassin houiller du Boulonnais.

D'autre part, la séparation entre les bassins de Namur et de Dinant est nettement caractérisée parla *Crête du Condroz*, qui est principalement constituée par une bande de Gedinien et par du Coblenzien inférieur ; on la connaît depuis Liège jusqu'au Caillou-qui-bique. Parfois, entre la crête et le bassin de Namur, il y a une ligne de terrain silurien que l'on peut suivre jusque Charleroi et même plus à l'Ouest.

Au point de vue lithologique, le Devonien qui se trouve entre la crête et le Calcaire carbonifère diffère notablement de celui de la bande de Rhisnes.

La question est donc de savoir si l'on retrouve la crête du Condroz dans le Boulonnais ; car c'est entre elle et le prolongement de la bande de Rhisnes que l'on pourra s'attendre à trouver le Houiller prolongeant le bassin de Namur.

Or, Messieurs, vous avez pu constater que :

Le grès de Fiennes est l'équivalent du grès de Rhisnes ; le calcaire de Ferques ressemble à celui de Rhisnes ; les schistes de Beaulieu, avec la dolomie des Noces, rappellent les schistes de Bovesse avec dolomie.

Enfin, je vous montrerai aujourd'hui un grès vert à végétaux qui est l'équivalent de celui de Naninne ; le calcaire de Blacourt, qui correspond au calcaire d'Alvaux et le poudingue de Caffiers, qui représente le poudingue d'Alvaux. Je puis donc dire que le Houiller du Boulonnais est bien le prolongement du bassin franco-belge.

M. Bayet ajoute : Si la bande devonienne sur laquelle nous nous trouvons ne représentait pas le bord Nord du bassin de Namur comme vient de le démontrer M. Gosselet, elle correspondrait soit au bord Sud du bassin de Namur, soit au bord Nord du bassin de Dinant.

Or dans ces deux bandes belges on retrouve les assises couviniennes (Coa, Cob), qui ne sont pas connues ici :

M. Gosselet continue comme suit :

Abordons le 3^e point de ma démonstration, c'est-à-dire, voyons si nous retrouvons, au Sud du point où nous sommes, la crête du Condroz ? Pour pouvoir l'affirmer, il faut retrouver le Gedinien et le Silurien qui la caractérisent. Or, plusieurs sondages que l'on a faits dans le Sud du Boulonnais, à Samer et à Desvres notamment, ont montré, sous des couches variables de Jurassique, le Gedinien. Plus au Nord, le Devonien supérieur (psammites de Fiennes). Entre les deux s'étend un terrain que l'on avait d'abord rapporté au Houiller inférieur, mais l'examen microscopique des schistes de ce terrain a montré que c'était probablement du Silurien et que l'on avait donc affaire à la Crête du Condroz. Quoi qu'il en soit du reste, l'âge du Gedinien est bien

établi et l'on peut dire que c'est le prolongement du Bassin de Namur qui s'étend entre Ferquere et Desvres.

Comment se fait-il, dès lors, que l'on ait retrouvé à Calais le Calcaire carbonifère (et non un calcaire jurassique comme je l'ai cru d'abord) et qu'à Douvres on retrouve le terrain houiller? Comment peut-on tracer la limite de ce terrain?

Il faut admettre que le prolongement du bassin de Namur a été reporté vers le Nord. Longtemps, du reste, le prolongement de ce bassin a été perdu à l'Ouest de Douai; tous les sondages au delà de ce point étaient négatifs; mais un sondage, fait dans le but d'avoir de l'eau et que l'on a, bien à tort, attribué à Dumont, puis à moi-même, a fait retrouver le terrain houiller entre Lille et Douai. Au lieu de se trouver vers Arras, le prolongement du bassin franco-belge est reporté plus au Nord. Il faut donc qu'il y ait dans ce bassin un accident (pli ou faille) qui n'est pas encore étudié suffisamment. On peut supposer qu'il y a une série de rejets successifs, qui reportent les couches de plus en plus au Nord.

A l'appui de cette hypothèse, je citerai le sondage de Viterthun où, d'après les ouvriers, on aurait trouvé des schistes semblables aux schistes siluriens de Desvres et (ajoute M. *Rigaux*) du Calcaire carbonifère et de la dolomie. On peut donc, à l'aide de ces rejets, relier le Houiller de Ferques à celui de Douvres.

3° Voyons maintenant comment est disposé le Houiller dans le Boulonnais? La houille y est connue à Hardinghen et à Ferques par un sondage et par le puits de Ferques.

Entre les deux points s'étend un massif de Calcaire carbonifère, dont les couches sont presque horizontales. J'admets qu'il y a eu une poussée qui, du Sud, a amené ce calcaire jusque sur le terrain houiller et que ce dernier se prolonge sous le calcaire Napoléon. Malheureusement, les couches qui le surmontent sont très aquifères et rendent l'exploitation difficile.

Le Calcaire carbonifère plonge au Nord et recouvre la houille, qui a le même plongement.

J'avais cru d'abord que le calcaire à *Productus giganteus* était recouvert par le calcaire à *P. Cora* et qu'il y avait eu un renversement; mais j'ai reconnu qu'il n'en est rien, que c'est l'inverse qui est vrai et que, par conséquent, il y a eu simplement glissement d'un paquet de Calcaire carbonifère, qui a été poussé vers le Nord. Le terrain houiller d'Hardinghen butte au Nord contre une faille à peu près verticale. On peut admettre que le Houiller s'est enfoncé au milieu du bassin, de sorte que la partie Sud a pris une inclinaison vers le Nord, tandis que la

partie Nord s'inclinait vers le Sud, et une partie du calcaire du Sud se renversant, est venu recouvrir le Houiller d'Hardinghen. Le lambeau houiller d'Hardinghen n'est donc encore autre chose que le prolongement du grand Bassin franco-belge et la faille qui limite au Sud le Bassin de Namur passe au Nord de Desvres.

M. *Rigaux* demande si les sondages qui ont été faits dans le centre du Boulonnais ont montré le Silurien.

M. *Gosselet* répond que oui, qu'à Wirwignes on a retrouvé le Silurien; à Samer, au Waast, le Devonien supérieur et le Silurien; à Celles le Silurien.

M. *Routier* objecte que la Crête du Condroz a pu se diviser dans le Boulonnais — de manière à donner naissance à plusieurs bassins. En effet, on trouve le Silurien à Samer, à Wirwignes, au Waast, c'est-à-dire, en des points qui ne se prolongent pas naturellement.

Du reste, l'allure des collines de l'Artois semble confirmer cette manière de voir, elles aboutissent au Mont Coupe et se ramifient ensuite en formant la patte d'oie.

M. *Gosselet* ne peut admettre la subdivision de la Crête du Condroz en plusieurs branches parce que, partout où on la connaît bien, en Belgique, dans le Sud de l'Angleterre, elle est unique et présente des caractères constants; supposer que la partie cachée est ramifiée, c'est faire une hypothèse qui n'est pas basée sur des faits, c'est faire œuvre d'imagination.

Après cet exposé si intéressant, nous nous dirigeons vers Caffiers; sur le chemin même qui nous y conduit, nous constatons un affleurement de calcaire à Pentamères, supérieur à la dolomie.

Plus loin, M. *Rigaux* nous montre, dans une petite tranchée qu'il a fait creuser tout exprès, puis en affleurement sur divers points, les schistes de Beaulieu, que nous retrouvons de nouveau peu après en affleurement. Ils nous fournissent en abondance :

Spirifer Verneuili,

Leptena Fischeri,

Orthis elegans ?

Orthis Dumontiana,

Spirifer Bouchardi,

Sp. Legayi,

Atrypa affinis.

Dans la tranchée du chemin de fer nous voyons ensuite apparaître le calcaire de Blacourt, où nous trouvons *Cyatophyllum Boloniense* et que M. *Gosselet* estime être l'équivalent de notre calcaire d'Alvaux et

sous lequel nous trouvons, comme en Belgique, des grès verts à empreintes végétales. Sous ces grès vient le Poudingue de Caffiers, équivalent de celui d'Alvaux.

M. *Bayet* confirme la manière de voir de M. Gosselet et ajoute : Si nous nous trouvions ici, non sur le bord Nord, mais sur le bord Sud du prolongement du bassin de Namur, nous devrions retrouver la faune du Couvinien que MM. Stainier et de Dorlodot ont trouvée en Belgique à ce niveau.

Il fait cependant remarquer que le Tournaisien semble manquer ici. M. *Gosselet* répond que le Tournaisien n'existe pas partout, même en Belgique. Il est connu depuis le milieu du bassin du Nord jusque Charleroi, mais on ne le retrouve ni plus à l'Est ni plus à l'Ouest.

Poursuivant ensuite notre course, nous voyons apparaître, près du chemin de fer, un grès vert, qui se trouve sous les couches rougeâtres à Stringocéphales, et que M. Gosselet rapporte au Givetien, sans qu'il puisse affirmer qu'il n'est pas inférieur à cet étage.

En revenant sur nos pas le long du chemin de fer, nous trouvons un affleurement de dolomie, que M. Gosselet nous dit avoir d'abord rapportée à la dolomie des Noces, car elle est inférieure au calcaire de Ferques; mais M. Rigaux ayant constaté qu'il y avait encore au-dessous du calcaire présentant tous les caractères lithologiques du calcaire de Ferques, il est probable que la dolomie est intercalée dans ce dernier étage.

Faute de temps, nous n'avons pas pu voir en place le grès de Fiennes, inférieur au calcaire de Ferques. Ce grès, nous dit M. Gosselet, forme dans la plaine des collines, tandis que les schistes du même étage constituent les parties basses. Il constitue de grandes lentilles dans les schistes.

Entre ce grès et la dolomie du moulin de Hure, que M. Gosselet nous montre ensuite, il y a, nous dit le directeur de la course, une vallée dont le sous-sol est inconnu. Cette dolomie d'un gris brunâtre est peut-être la dolomie crinoïdique de l'abbé de Dorlodot.

M. *Bayet* fait remarquer que la vallée peut correspondre aux assises argileuses du Tournaisien (T1b et T1c). Il ajoute que le parallélisme entre les assises carbonifères belges et celles du Boulonnais lui paraît difficile à établir et il est peut-être téméraire de proposer le synchronisme suivant :

$$\text{Dolomie de Hure} = \left\{ \begin{array}{l} \text{T1} \\ \text{T2} \\ \text{V1} \end{array} \right.$$

Calcaire du Haut-Banc = $\left. \begin{array}{l} \text{V1b Partie supérieure non dolomitisée.} \\ \text{V2a} \end{array} \right\}$

Calcaire Napoléon = V2b

Calcaire à *P. giganteus* = V2c

En nous dirigeant vers Marquise, nous visitons la carrière du Haut-Banc. Le calcaire à *Productus Cora* y forme une voûte; il est coupé par un banc schisteux rougeâtre; il est bleu foncé, compacte. Un des bancs inférieurs renferme *P. Cora* en abondance.

Nous regagnons de là Marquise en suivant la Vallée heureuse, dont le nom dit assez tout le charme et à laquelle de nombreuses carrières donnent une animation toute spéciale.

Le soir, après le dîner, une intéressante causerie paléontologique, à laquelle MM. Gosselet et Van den Broeck prennent la plus grande part, vient heureusement terminer une journée si fertile en enseignements, grâce surtout à la façon méthodique dont M. Gosselet avait su en régler les multiples observations.

7^e JOURNÉE. — VENDREDI 22 AOUT.

Excursion du Portel à Boulogne et Wimereux. (Terrains Kimmériens et Portlandiens.)

La Société ayant débarqué le matin à Boulogne se rend immédiatement au Portel, pour visiter le laboratoire d'histoire naturelle de l'Université de Lille qu'y dirige M. Hallez.

Le savant directeur nous montre les travaux en cours et nous donne d'intéressants détails au sujet des dragages qu'il fait faire au large de Boulogne.

Nous allons ensuite visiter la grève qui s'étend au Sud de la jetée et qui est couverte d'énormes blocs de grès Portlandien tombés de la falaise et sur lesquels nous constatons des ripple-marks et de nombreuses traces d'animaux marins, qui indiquent une formation littorale. Quelques-unes de ces empreintes rappellent celles que nous connaissons dans nos sables et nos grès tertiaires et qui sont généralement regardées comme des tubulations d'annélides; d'autres, en forme de fer à cheval, sont rapportées par M. Gosselet à des éponges branchues.

Les grès constituent des masses arrondies au milieu des sables portlandiens. Nous y trouvons *Natica Marcousana*. A côté des grès gisent des blocs de poudingue à Trigonies (*T. Pellati*), entièrement pétris de ces lamellibranches.

Nous nous dirigeons ensuite vers le Nord, en suivant la falaise. Les couches, qui se relèvent vers le Nord, s'abaissent ensuite dans cette direction. Boulogne se trouve au sommet du pli ainsi formé. Les couches sont très argileuses, avec une bande de grès (Grès à *Pygurus*) intercalée; nous y trouvons une grande huître (*Ostrea expansa*?), *Hemicidaris Purbeckensis*.

Après la visite du Port de Boulogne, pour l'amélioration et l'agrandissement duquel le gouvernement français a fait faire des travaux importants, nous faisons un arrêt dans la ville, pour laisser passer l'heure de la haute mer. L'après-midi, nous reprenons l'étude des couches du Jurassique supérieur, qui grâce à leur inclinaison générale vers le Nord, se présentent successivement à hauteur de la grève. Nous voyons d'abord en place, dans les argiles de la falaise, et en blocs épars sur le sol, les calcaires argileux exploités pour la fabrication du ciment et les grès calcaireux. Nous y trouvons *Ostrea virgula*, *Pecten suprajurensis*, *Gervillia tetragona*, *Trigonia concentrica*, *T. Rigauxiana*, etc.

Nous passons la Pointe de la Crèche, où nous retrouvons le Poulingue à *Trigonia Pellati*, que nous avons observé le matin sous le Portel. Le temps nous faisant défaut, nous ne pouvons nous arrêter comme il le faudrait pour observer l'argile à *Cardium Morinicum*, l'argile glauconifère à *Ostrea expansa*, dont nous recueillons de nombreux échantillons sur la plage.

Enfin, nous trouvons des blocs calcaires entièrement composés d'*Astarte socialis*. La couche qui les fournit est l'équivalente du calcaire de Purbeck.

Au-dessus viennent les sables et grès du Weald avec *Cyrena Tombecki*, par l'examen desquels nous terminons, aux environs de Wimereux, l'excursion de ce jour.

Nous rentrons à Marquise après avoir reçu, non sans regret, les adieux de MM. Dutertre et Rigaux, que nous tenons à remercier pour l'amabilité avec laquelle ils ont aidé M. Gosselet à remplir la tâche qu'il avait assumée.

8^e JOURNÉE. — SAMEDI 24 AOUT.

Excursion à Saint Valéry-sur-Somme.

(Terrains crétacés, landeniens, quaternaires et modernes.)

L'excursion de ce jour nous conduit beaucoup plus au Sud que les précédentes et en dehors du Boulonnais. Nous nous rendons en effet en chemin de fer à Saint-Valéry, où nous pouvons contempler le magnifique estuaire de la Somme.

En sortant de la ville vers l'Ouest, nous voyons dans une carrière la craie à *Micraster cor-anguinum*, surmontée par le sable landenien qui est séparé de la craie par un beau gravier caractéristique à silex verdis.

Le sable landenien a l'aspect bien connu en Belgique ; il est fin, gris, légèrement verdâtre, un peu micacé.

M. Gosselet nous montre sur l'un des côtés de la carrière une couche de terre, remplie de coquilles de *Cardium edule*, sous lesquelles se trouvent des débris de construction, avec des fragments de poterie. Il considère que nous avons affaire à un véritable kjøkkenmødding et rapporte le tout à l'époque romaine.

Dans une prairie située un peu au S.-O. de la carrière il nous fait observer des débris d'une *Ostrea* reposant sur une argile tertiaire qu'il croit landenienne et de l'âge des couches à lignites du bassin de Paris.

Un peu plus loin, nous trouvons *Ostrea bellovacina*, *Cerithium turris*, qui indiquent que nous sommes encore dans le Landenien supérieur.

En descendant vers la baie, nous trouvons un grès ferrugineux avec *Cyrena cuneiformis*.

M. Gosselet nous rappelle à ce moment que le bassin de Paris est très riche en couches alternativement marines et d'eau douce. Le problème se pose, dit-il, de savoir d'où venait la mer dans les incursions répétées que révèlent ces alternances. On a dit que c'était de la Flandre ; mais la comparaison entre les couches des deux bassins ne plaide pas en faveur de cette manière de voir.

M. Van den Broeck objecte que pourtant les sables ypresiens sont bien semblables dans les deux bassins.

M. Gosselet. Oui, mais l'accord pour les autres couches n'est pas satisfaisant et on ne peut indiquer par où les deux bassins communiquaient. Le raccord entre les terrains belges et anglais est facile, mais ceux du bassin parisien se relie difficilement à ceux de l'Angleterre.

Nous sommes ici sur un rudiment de bassin tertiaire qui s'étend d'Étaples à Dieppe. Il est séparé du bassin de Paris, mais a des rapports intimes avec celui de l'île de Wight. Je crois que ce lambeau-ci faisait partie d'un grand bassin tertiaire qui comprenait ceux de Paris, de l'île de Wight et des Wealds, tandis que la région de Londres et la Flandre constituaient un second bassin séparé du premier par un haut fond. Cette idée n'est du reste pas nouvelle, car Prévost l'a mise en avant il y a soixante ans.

Les couches fossilifères à lignites ont ici un caractère très littoral, elles renferment un grand nombre d'Huîtres et de Cyrènes et ne s'avancent pas à plus de dix kilomètres du rivage actuel. La vallée de la Somme constitue un synclinal, qui a dû être la grande voie d'accès de la mer vers Paris; celle-ci se retirait probablement par la même voie en la balayant.

Quant aux mers oligocènes et miocènes du bassin de Paris elles venaient probablement du S. O. par la Loire.

M. Rutot expose que, d'après un travail auquel il s'est livré il y a déjà quelques années, en vue d'établir la concordance entre les couches belges et les couches parisiennes, les couches marines seraient plus nombreuses en Belgique que dans le bassin de Paris, et qu'en outre, il semble qu'il y ait eu, en général, alternance entre les deux bassins, les couches parisiennes étant d'eau douce lorsque les formations belges sont marines et réciproquement. Il paraît y avoir eu, à plusieurs reprises, un mouvement de bascule autour d'une ligne correspondant à peu près avec l'axe de l'Artois.

Après cette intéressante discussion, la Société se dirige vers le Nord pour aller visiter une petite carrière où l'on exploite un sable landenien gris, glauconifère, qui présente le même aspect qu'à l'Eribus, près Mons. Quelques parties sont transformées en grès ferrugineux, contenant de nombreux fossiles marins.

M. Rutot ajoute que cette couche inférieure marine rapproche encore les dépôts de Saint-Valéry de ceux de Saint-Omer et de la Belgique. La grande période landenienne a donc commencé, en France, comme en Angleterre, comme en Belgique, par une vaste invasion marine, qui a déposé partout des sédiments analogues. Ce n'est que vers la fin de la période, lors de l'émersion, que les dépôts marins, lagunaires, fluvio-marins et continentaux se différencient selon les conditions locales, tout en conservant encore quelques points communs; tels que la présence de bancs ligniteux et celle de gros rognons de grès blanc.

M. Rutot admet du reste l'opinion de M. Gosselet de la séparation des deux mers, ou plutôt il croit que le Bassin de Paris, d'une part, et le Bassin Anglo-Belge, d'autre part, sont deux golfes profonds et distincts d'une même mer.

Tout à côté de la carrière gît un gros bloc de grès gris blanc, que M. Gosselet rapporte au Landenien supérieur, tandis que les sables correspondent aux sables de Bracheux. Ce bloc serait descendu sur les sables à mesure que ceux-ci étaient délavés par les eaux météoriques.

En rentrant à Saint-Valéry, M. Gosselet nous montre une argile à

silex qui, dit-il, couvre tous les plateaux voisins, les silex sont peu roulés, mais très cacholonnés, ce qui différencie cette argile du bief à silex qui est tertiaire, dont les silex ne sont jamais blanchis.

Après cette dernière constatation, nous reprenons le train pour Marquise.

Le lendemain, les excursionnistes se séparaient, après que notre Président eut exprimé à M. *Gosselet* la reconnaissance de tous pour ses excellents enseignements.

Le dévouement de notre ancien et respecté Président à la science et à tous ceux qui désirent s'instruire, l'élévation et la clarté de son enseignement sont trop connus pour qu'il soit besoin de les rappeler ici. Beaucoup d'entre les membres de la Société avaient déjà eu du reste l'occasion de les apprécier. Qu'il nous soit pourtant permis de le remercier pour l'inépuisable bienveillance dont il n'a cessé de faire preuve durant les huit jours que nous avons passés avec lui et qui resteront parmi les meilleurs souvenirs de tous ceux de nos collègues qui ont eu la bonne fortune de pouvoir assister à l'excursion extraordinaire de 1895.

TRADUCTIONS & REPRODUCTIONS

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

TOME IX DU BULLETIN

ANNÉE 1895

BRUXELLES

POLLEUNIS ET CEUTERICK, IMPRIMEURS

37, RUE DES URSULINES, 37

TRADUCTIONS ET REPRODUCTIONS

LES Puits ARTÉSIENS

Considérations pratiques au sujet de leur établissement

PAR

T. C. Chamberlin

Professeur à l'Université de Chicago

TRADUIT DE L'ANGLAIS (1)

INTRODUCTION

Le principe du fonctionnement des puits artésiens est simple ; mais les problèmes auxquels leur établissement peut donner lieu sont complexes. Les circonstances dans lesquelles il est possible de les forer varient dans chaque cas particulier, et la réussite ou l'insuccès de ces travaux ne dépendent pas, autant qu'on pourrait le croire, de l'application de principes simples par eux-mêmes. Il est rare qu'il soit fait des conditions d'établissement de ces puits un exposé simple et clair, et cette situation résulte le plus souvent du manque d'attention apporté à l'observation de faits généralement peu compliqués.

Le forage des puits artésiens n'a pas été jusqu'ici l'objet d'une profession spéciale ; peu d'entrepreneurs de sondage s'y consacrent spécialement, et il est rare d'ailleurs qu'ils puissent faire dans leur canton l'étude des questions géologiques que ces travaux comportent. Peu de

(1) Cette étude a été publiée dans le 5^me Rapport du « United States Geological Survey ». Elle a été signalée à la Société de Géologie dès 1888. L'autorisation d'en publier une traduction ayant été accordée ultérieurement, ce travail fut entrepris par plusieurs membres de la Société. Les nombreuses occupations de ceux de nos collègues qui s'étaient chargés de cette besogne expliquent le retard considérable apporté à la publication de ce mémoire.

géologues se trouvent à même d'en poursuivre l'étude au point de vue pratique, absorbés qu'ils sont par d'autres questions plus importantes venant s'imposer à leurs investigations.

Aujourd'hui on commence à s'occuper de plus en plus de l'examen de ces questions. Divers entrepreneurs de sondage se sont fait une spécialité du forage des puits artésiens et, à l'aide de renseignements géologiques, sont parvenus à se mettre au courant de la stratigraphie des terrains des diverses régions où ils font leurs travaux. On consulte de plus en plus fréquemment les géologues pour leur demander leur avis au sujet du résultat probable de ces forages. Tous les particuliers sont, d'ailleurs, spécialement intéressés aux côtés théoriques et pratiques de la question des puits artésiens.

Les arguments en faveur de l'importance d'une telle étude sont inutiles à développer longuement. Ainsi, par exemple, *le problème de l'établissement d'une distribution d'eau pure et potable* est un des plus graves qui occupent les hygiénistes. Les puits artésiens fournissent un moyen, parmi beaucoup d'autres, d'obtenir de l'eau potable ; quelquefois ce moyen est inapplicable, d'autres fois il donne d'excellents résultats et permet d'obtenir de l'eau en abondance.

Les résultats variables que donnent les forages de ces puits permettent de déterminer les causes de la réussite ou de l'insuccès. Dans certaines régions ces travaux sont d'une grande ressource, tandis que dans d'autres, et seulement dans certaines limites, ils n'amènent que des déceptions et conduisent à des dépenses excessives. On fait souvent en pure perte de grandes dépenses pour des entreprises où les conditions nécessaires au succès font complètement défaut.

Le but du présent travail est de rassembler, sous une forme simple et précise, les conditions requises pour l'établissement des puits artésiens et de rendre ainsi service tant aux sondeurs et géologues qu'au public en général. Ce ne sera pas, toutefois, un exposé complet pour chacune de ces catégories de personnes. Les particuliers tiennent surtout à être renseignés sur les prix et qualités des eaux, choses que l'on ne peut examiner dans une étude générale. Les sondeurs désirent des détails au sujet de la succession des couches du sous-sol, de leur structure, de la texture des roches, etc. ; seules, des descriptions géologiques détaillées pourront leur donner des renseignements à ce sujet. Le géologue recherche des détails très complets lui permettant de se former une idée exacte des formations géologiques dans la localité où il fait ses travaux. Il est certain que tant que l'établissement d'un puits artésien dépend de circonstances locales sujettes à se modifier, il n'est pas possible de donner à la question une solution générale donnant satisfaction aux intéressés.

Je vais m'efforcer ici de me placer sur le terrain de l'intérêt commun au sujet de la réussite des entreprises de forages ; il ne faut pas, toutefois, perdre de vue que chaque cas spécial amène des études particulières au cas que l'on examine.

Il importe avant tout de faire disparaître de notre esprit toute idée de merveilleux au sujet du mouvement des eaux artésiennes ; ce n'est pas autre chose, en effet, que le mouvement ordinaire d'un liquide, sous une forme un peu spéciale peut-être, résultant de la manière dont il se révèle à nous. Une observation peu attentive et ne portant pas sur tout l'ensemble du phénomène, peut seule nous amener à trouver étrange le mouvement des eaux artésiennes ; nous ne voyons, en effet, qu'une partie du courant, l'autre partie étant cachée en terre, ce qui fait immédiatement croire à quelque chose de mystérieux. En outre, la partie visible du courant que nous voyons est animée d'un mouvement ascendant, ce qui vient directement à l'encontre de la croyance que l'eau ne s'élève jamais ; ce mouvement est cependant un des phénomènes naturels les plus ordinaires, on le rencontre, d'ailleurs, chaque jour et en toutes circonstances et on l'observe dans tous les ruisseaux et dans toutes les rivières (fig. 1). Certaines parties du courant de

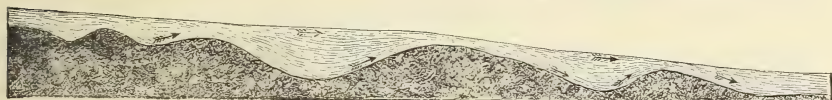


FIG. 1. Coupe d'un courant montrant des courants partiels ascendants malgré le mouvement général du cours d'eau.

tout cours d'eau sont constamment animées d'un mouvement ascensionnel, bien que le mouvement général de la rivière soit descendant.

Les molécules liquides du fond d'un cours d'eau s'élèvent et s'abaissent en suivant les inégalités du lit, tandis que celles de la surface ont un mouvement régulier, descendant d'une manière continue,

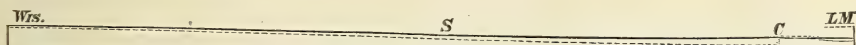


FIG. 2. Profil du courant artésien de Chicago.

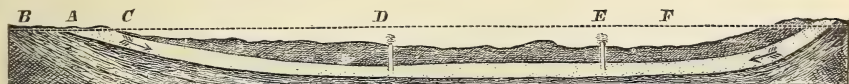


FIG. 3. Coupe idéale montrant les conditions essentielles des puits artésiens.

A. Couche perméable. — B et C. Couches imperméables au-dessous et au-dessus de A agissant comme couches enveloppes. F. Le niveau d'eau dans la couche A ou le niveau de l'origine de la nappe aquifère — D et E puits jaillissant de la couche poreuse aquifère A.

suivant la pente de celui-ci. Si le courant est rapide, et si les rives sont sinueuses, les molécules de liquide, tant au fond qu'à la surface, sont animées de ce mouvement sinueux dû aux rugosités du fond. Aucune molécule d'eau ne peut d'ailleurs s'élever, si ce n'est en vertu d'une pression qui s'exerce sous elle (fig. 2 et 3). Dans les puits artésiens nous ne voyons que le jet ascendant qui sort de terre et le courant qui s'en écoule. Le volume de liquide, beaucoup plus important, qui exerce la pression nous est caché : c'est donc à nous de nous l'imaginer exactement (fig. 4 et 5).



FIG. 4. Coupe montrant l'amincissement d'une couche poreuse aquifère A renfermée entre deux couches imperméables B et C, constituant les conditions nécessaires pour un puits artésien.

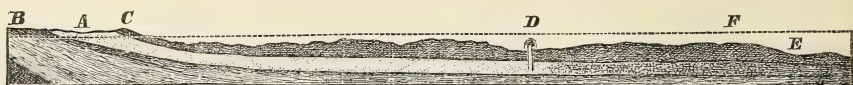


FIG. 5. Coupe montrant le passage d'une couche perméable aquifère à une couche compacte imperméable. Étant renfermée entre les couches imperméables B et C, elle détermine les conditions nécessaires pour un puits artésien en D.

CHAPITRE I

Caractères essentiels des puits artésiens.

Les eaux artésiennes ont une origine souterraine; leur circulation et leur ascension dans le puits sont souterraines. Les circonstances de la formation des nappes artésiennes dans le sous-sol présentent seules des particularités; d'elles dépend principalement la force ascensionnelle du courant artésien.

Imaginons deux couches de terrain imperméable B et C (voir les 3 figures précédentes) enveloppant une couche perméable A et dont l'une ou les deux extrémités viennent affleurer à la surface et s'étendre jusqu'à une région élevée.

Les eaux météoriques, s'infiltrant naturellement par les affleurements de la couche perméable A, auront une circulation forcée entre les deux couches imperméables et s'y accumuleront.

Il est évident que si l'on fore, à un niveau inférieur à celui de l'affleurement de la couche perméable, des puits (comme en D, fig. 4 et 5, ou comme en D et E, fig. 3) qui traversent la couche imperméable supérieure C et pénètrent dans la nappe aquifère qu'elle surmonte, les eaux s'élè-

veront dans ces puits ; elles pourront jaillir à la surface à une altitude d'autant plus grande que le point où les eaux pluviales se sont infiltrées est à un niveau plus élevé au-dessus de l'orifice du puits. Le jet sera continu si le volume d'eau que peut débiter la source artificielle ainsi formée ne dépasse pas celui qui alimente la nappe aquifère artésienne.

Résumé des conditions requises. — Pour obtenir un jet artésien les conditions suivantes sont absolument nécessaires :

1° Existence d'une couche de terrain perméable A permettant l'infiltration et la circulation souterraine de l'eau.

2° Existence d'une couche de terrain imperméable B inférieure à la couche perméable, de manière à empêcher les eaux d'infiltration de s'échapper par en bas.

3° Existence d'une couche de terrain imperméable C supérieure à la couche perméable, mais inférieure au niveau F de l'affleurement de la couche perméable. Cette couche supérieure imperméable empêchera les eaux de s'échapper par le haut.

4° L'ensemble des trois couches de terrain ci-dessus doit avoir une inclinaison telle que le niveau de l'affleurement où les eaux pénètrent soit à une altitude supérieure à l'ouverture du puits artésien.

5° La zone superficielle d'infiltration doit être disposée de façon à recevoir une quantité d'eau suffisante.

6° Il faut que, pour une zone superficielle donnée, la hauteur d'eau tombée corresponde au volume que doit fournir le puits artésien.

7° Il ne faut pas que l'eau artésienne qui circule entre les deux couches de terrain imperméable puisse s'échapper à un niveau plus bas que l'orifice du puits.

Nous examinerons en détail chacune de ces conditions et signalerons les conséquences pratiques qui s'en déduisent.

CHAPITRE II

Les couches aquifères.

L'eau peut circuler de deux manières à travers les roches. Si celles-ci ont une texture compacte, elle ne pourra trouver une voie que dans les fissures et diaclases qui s'y trouvent, ou dans les cavités formées par la dissolution chimique des éléments de celles-ci. Si, au contraire, le terrain est meuble, l'eau s'infiltré par les nombreux pores qui existent dans la roche et se répartit dans la couche tout entière.

1° *Roches fissurées présentant des cavités.* — Pour obtenir des sources abondantes, on ne peut compter avec suffisamment de certi-

tude sur les roches qui n'offrent à la circulation de l'eau que des crevasses ou des fissures. On ne rencontre pas, en effet, dans ces roches, des solutions de continuité en grande quantité, surtout dans les couches profondes du sous-sol; on ne peut déterminer d'avance l'emplacement des diaclases qui existent. Il est donc impossible d'assurer qu'on les atteindra par un forage. Les roches compactes dont nous nous occuperons sont spécialement les roches cristallines et les calcaires. Les roches argileuses sont trop compactes pour permettre à l'eau de circuler; elles forment les roches les plus imperméables.

2° Les *roches cristallines* sont beaucoup plus fissurées à la surface qu'en profondeur; le retrait qu'elles ont subi par refroidissement y a déterminé des crevasses nombreuses. Ces fentes se ferment de plus en plus à mesure qu'on pénètre dans la croûte terrestre et disparaissent même complètement à peu de distance de la surface du sol.

C'est pour ces raisons que l'eau ne peut circuler dans de telles roches puisque ces dernières sont toujours surmontées de couches imperméables et ont à supporter une pression considérable. L'expérience confirme ces vues: aucune roche ignée ou métamorphique ne peut fournir une nappe aquifère sérieuse, à moins que, par exception, certaines circonstances locales ne le permettent.

3° Les *roches calcaires* sont, de la même manière, traversées par de nombreuses diaclases à proximité de la surface; elles peuvent être dissoutes par les eaux qui les traversent. Il se forme ainsi de vastes cavernes souterraines où, comme dans l'Indiana et le Kentucky, on trouve des ossements de Mammouth.

Comme pour les roches cristallines, ces fentes ne se présentent que dans les couches superficielles, où le calcaire n'est pas recouvert d'autres roches; partant, ces roches calcaires ne peuvent donner lieu à des sources abondantes. On comprend aisément le motif de ce fait, si l'on considère que l'action dissolvante des eaux ne s'effectue qu'à la surface, laquelle action est rapidement annihilée quand elles pénètrent dans le sol. Si le calcaire est recouvert de couches imperméables, les eaux de la surface sont arrêtées et, ainsi, l'action dissolvante de celles-ci est limitée à celles qui pénètrent dans la couche de terre superficielle, peu épaisse.

Les crevasses et cavités des calcaires situés à une certaine profondeur sont souvent remplies de calcite, ce qui indique que les eaux y produisent un dépôt au lieu d'y exercer une action chimique.

On peut toutefois, tout en n'ayant guère de certitude, prévoir de meilleurs résultats pour les puits forés dans les calcaires que pour ceux

que l'on creuserait dans les roches cristallines. Cependant les forages entrepris dans les calcaires qui, sous l'action des agents atmosphériques, avaient été crevassés, et dont les fentes s'étaient ensuite remplies d'une couche de limon quaternaire, ont parfois réussi ; on y a trouvé un certain nombre de sources jaillissantes ; à ma connaissance, le succès de ces entreprises a été fort rare lorsque les calcaires étaient recouverts d'une importante couche imperméable.

Un petit calcul permet de se rendre compte que, même dans le cas où ces roches sont fortement fissurées, elles ne peuvent être qu'une ressource douteuse pour une alimentation en eau par des puits profonds et coûteux.

Supposons que des fissures traversent une couche donnée et se trouvent à des intervalles de 10 pieds ; on pourrait faire 20 forages entre deux de ces diaclases ; si les fissures avaient une épaisseur de 6 pouces la probabilité d'un résultat satisfaisant serait de $1/20$ et de $1/10$ pour cent avec un système similaire de fentes croisées. Dans ce cas, cependant, il est toujours facile d'obtenir une communication avec les fissures où il y a de l'eau, en provoquant la division de la roche par une *explosion* ; mais on ne peut compter, en règle générale, sur les couches profondes de calcaire pour obtenir avec certitude de l'eau en quantité suffisante.

Les roches ignées et métamorphiques ne peuvent être employées à cet effet ; les calcaires qui ont tout d'abord été découverts, puis ensevelis sous d'autres dépôts, peuvent seuls fournir de l'eau en certains endroits seulement.

4° *Couches poreuses*. En contraste direct avec les couches à texture compacte, qui ne peuvent fournir de l'eau que grâce aux fissures et cavités qui s'y trouvent, les roches poreuses permettent l'existence de nappes aquifères continues sur de vastes étendues et que l'on peut atteindre avec certitude à une profondeur déterminée. Ce sont, à proprement parler, les seules couches pouvant convenir à des nappes artésiennes.

Les sables, graviers, conglomérats et certaines espèces de calcaires graveleux appartiennent à ces terrains. Le caractère général de ces roches consiste en ce qu'elles sont composées de particules séparées, juxtaposées, de façon à laisser entre elles des espaces libres. Une couche de sable en est l'exemple typique. Toutes ces roches ne présentent cependant pas des interstices suffisants pour donner passage à l'eau ; parmi elles, il en existe où les anfractuosités sont comblées par de l'argile ou d'autres roches imperméables qui s'y sont introduites au moment de la formation de la couche ; d'autres ont vu, par la suite,

leurs pores se remplir de dépôts provenant de roches qui se dissolvaient, ou qui s'y introduisaient par une pression extérieure.

Le degré de porosité est une question de haute importance pour déterminer le volume d'eau dont on peut disposer. Si la roche entière est constituée de sable à grains grossiers, la capacité en eau de ces roches augmente avec les dimensions de ces grains. Il existe des sables dont les grains sont si fins qu'ils forment des couches presque imperméables, car l'eau filtre à peine au travers de leurs interstices et ces couches ne sont pas capables de donner lieu à une véritable nappe aquifère. D'autres présentent des particules si espacées entre elles que les eaux s'y écoulent librement ; la nature présente toutes les gradations de ces roches depuis les graviers jusqu'aux grès imperméables.

En outre, le plus souvent, les terrains comprennent des mélanges de toutes espèces de particules fines et grossières ; les parties constitutives ne sont pas parfaitement réunies ; des sables fins et du limon sont mélangés avec des graviers, des cailloux et des blocs de roches. Les variations dans la composition des roches peuvent avoir quelque influence sur la capacité des nappes aquifères ; elles peuvent amener soit une diminution de leur débit, soit leur arrêt complet. Les roches peuvent aussi se consolider de diverses manières après leur formation. Il existe des sables quaternaires et des graviers qui sont entièrement désagrégés et sans aucune compacité, tandis que d'autres forment des quartzites ou d'autres roches analogues. On admet souvent, bien qu'on ne puisse attacher trop de confiance à cette règle, que la solidité des roches augmente à mesure que l'époque de leur formation est plus ancienne. Les sables quaternaires sont plus désagrégés que les sables tertiaires, et ceux-ci le sont plus que les sables secondaires, etc. Cette règle est rationnelle, mais elle présente de notables exceptions ; ainsi les sables de Postdam, dans la vallée du Missouri supérieur, qui sont très anciens, comptent parmi les moins compacts et sont les plus aquifères. L'observation directe de la constitution des différents terrains permet seule de déterminer la quantité d'eau qu'ils peuvent renfermer. Cela nous montre un des services que peut nous rendre la description de la texture des roches.

CHAPITRE III

Couches enveloppes des eaux artésiennes.

D'une manière absolue, on peut dire qu'il n'y a pas de roche imperméable, puisque les pores de celle-ci, quelque petits qu'ils soient, peuvent toujours laisser passer de l'eau. Outre qu'elles sont traversées

par des filons microscopiques, les roches renferment encore des crevasses de plus grande dimension. Les roches, même les plus compactes, présentent généralement des fissures, et les couches argileuses n'en sont pas entièrement dépourvues.

Beaucoup d'eau peut, néanmoins, pénétrer dans une couche imperméable. Une couche d'argile fine non consolidée est ce qui s'approche le plus d'une couche théoriquement imperméable. Si ces couches argileuses se consolident, il s'y forme des fissures, et l'imperméabilité de la roche diminue. Rangées dans l'ordre de leur imperméabilité, la succession des roches, après les schistes argileux, est la suivante : calcaires et grès schisteux, roches cristallines et enfin grès compactes.

Couche enveloppe inférieure. — Lorsqu'un récipient est destiné à contenir de l'eau, on attache plus d'importance à l'imperméabilité du fond qu'à celle du couvercle ; le contraire a lieu pour les puits artésiens : la couche enveloppe inférieure ne demande pas à être aussi imperméable que la supérieure. Cette couche enveloppe, fût-elle même assez perméable, il se trouvera toujours plus bas une couche imperméable capable de s'opposer au passage de l'eau. Dans le cas où la couche enveloppe inférieure parvient à conduire l'eau de la nappe aquifère à la surface du sol, il peut y avoir une disparition complète de la nappe artésienne. En règle générale, quand les couches de terrain sont, ou plissées de façon à former un bassin, ou simplement inclinées, les couches inférieures affleurent à un niveau supérieur à celles qui les recouvrent (fig. 6). Mais ce n'est pas toujours le cas : par exemple lorsque

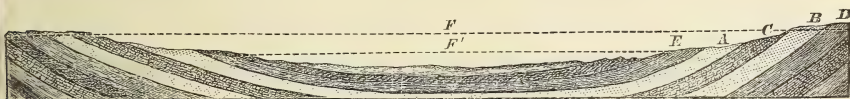


FIG. 6. Coupe montrant l'ordre de succession de l'affleurement des couches d'un bassin A et B couches perméables, D et F couches imperméables ; C une couche semi-imperméable ; F' et F les niveaux d'eau des couches A et B respectivement.

l'érosion des eaux a modifié l'état de la surface, comme dans la figure suivante (fig. 7). La conséquence d'une défectuosité dans les couches qui se trouvent sous la nappe aquifère est clairement indiquée dans les figures 7 et 8, et dans les notes qui les accompagnent. On doit tenir compte des couches enveloppes inférieures des eaux artésiennes, bien que d'habitude on semble n'y attacher aucune importance.

Couche enveloppe supérieure. — Le caractère des couches qui surmontent la nappe artésienne doit être étudié avec le plus grand soin. L'eau y est, en effet, sous pression, et a une tendance à pénétrer

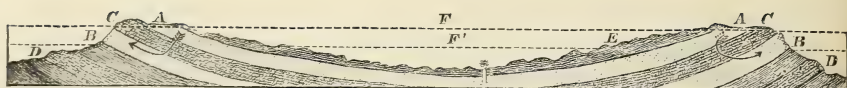


Fig. 7. Coupe montrant l'effet d'érosion sur les couches qui affleurent. A et B couches perméables, D et F' couches imperméables, C, couche à moitié imperméable, F et F' niveau d'eau de A et B. Si la couche C n'est pas tout à fait imperméable, l'eau de A la traversera et échappera au bord de B, de sorte qu'un courant ne peut pas s'obtenir.



Fig. 8. Coupe montrant l'insuccès d'un puits artésien à cause de défauts dans la couche sous-jacente A et B couches perméables à un niveau supérieur à F', D et I couches imperméables, C couche encaissante défectueuse, E niveau d'eau dans la couche B; G et H puits qui ne coulent pas. La couche A pourrait donner un courant en G et H, si des fractures n'existaient pas dans la couche C, lesquelles permettent à l'eau de parvenir à B et échapper à son affleurement, qui est situé au-dessous de la surface au sol G et H.

dans ces couches; si, en certain point, il existe une partie quelque peu perméable, l'eau y trouvera une issue; la pression de la nappe artésienne diminuera et l'eau ne jaillira plus, ou le fera à une hauteur beaucoup moins grande. Quand les couches où se trouve la nappe aquifère ont une capacité considérable, et lorsque l'affleurement de la couche perméable est à un niveau élevé, quelques solutions de continuité dans la couche enveloppe supérieure n'amènent qu'une légère diminution dans le débit et la hauteur du jet artésien. Si ces deux circonstances n'existent pas, soit à cause d'un débit réduit, d'un affleurement de la couche perméable à faible altitude ou d'obstructions dans le parcours souterrain de l'eau, il faut, pour prévoir les résultats d'un forage, que l'on se soit rendu compte avec le plus grand soin de toutes les solutions de continuité de la couche imperméable supérieure.

a) On doit remarquer que les résistances diminuent avec la pression, de sorte que, dans les cas où ces deux circonstances se contrebalancent, la diminution de débit est moindre — toutes choses égales d'ailleurs — que dans le cas où l'origine de la nappe est à un niveau élevé et les passages libres. Il faut, néanmoins, se rendre compte que les résultats à obtenir sont soumis, dans ce cas, à quelque éventualité.

b) Nous avons déjà examiné l'influence de la nature de la roche — le point de vue essentiel de cette étude. — On peut toutefois dire d'une manière générale que le degré d'imperméabilité se mesure par la quantité des éléments argileux entrant dans la composition du terrain; mais c'est là plutôt une règle générale facile à retenir qu'une règle fixe.

c) L'efficacité d'un forage artésien croît avec l'épaisseur de la couche

enveloppe supérieure. Si celle-ci est aussi imperméable que possible, il n'y a aucune importance à ce qu'elle ait une forte épaisseur, à moins que le point origine de la nappe aquifère ne soit à un niveau si élevé qu'il faille — chose peu probable — un poids supplémentaire de la couche enveloppe pour contrebalancer la pression hydrostatique. Mais si le terrain n'est pas si imperméable, l'épaisseur de la couche par elle-même a son importance.

d) Ce que nous allons examiner, et en nous mettant à *un point de vue auquel on ne s'est pas placé jusqu'aujourd'hui*, consiste à reconnaître le niveau de la surface des nappes phréatiques de la région existant entre le forage projeté et le point origine des nappes artésiennes. On sait que la nappe aquifère ordinaire se trouve à divers niveaux, ce dont les puits ordinaires permettent de se rendre compte. La nappe aquifère est le plus souvent à un niveau plus élevé que celui des cours d'eau voisins ; cette nappe y trouve un écoulement lent par des sources ou par infiltration. D'une manière générale, elle s'élève et s'abaisse avec les ondulations de la surface du sol : mais ses mouvements sont moins accentués que ceux du terrain. Si la nappe phréatique dans la contrée se trouvant entre le puits projeté et l'affleurement de la couche perméable est *au même niveau* que l'origine de la nappe artésienne, aucune diminution de débit ne sera possible, même si les couches sont quelque peu perméables. L'eau des couches enveloppes, en effet, exerce dans ce cas une pression de haut en bas avec une énergie égale à celle que la nappe d'eau des couches poreuses exerce de bas en haut, jusqu'à ce que le niveau hydrostatique s'établisse. La capillarité ne modifie pas cet effet. Dans ce cas, on peut quelquefois obtenir un jet artésien, alors que toutes les circonstances en rendraient l'existence impossible.

Si la nappe phréatique existant entre le puits artésien et l'origine de la nappe qui l'alimente est, à un moment donné, à *un niveau plus élevé* que la nappe artésienne, la première aura une tendance à pénétrer dans la couche perméable et y pénétrera aussi loin que la nature des couches enveloppes le permettra ; il y aura, dans ce cas, augmentation du débit du puits artésien et, dans certains cas, le point origine de la nappe artésienne tendra à s'élever.

Je conçois que les conditions les plus favorables pour s'assurer du débit d'une source existent quand une couche semi-perméable épaisse, constamment saturée d'eau jusqu'à un niveau plus élevé que l'origine du puits artésien, surmonte une couche poreuse et occupe toute la région entre le puits et la source (ce qui est représenté fig. 9). Les circonstances que renseigne cet exemple, présentent de grands avan-



FIG. 9. Coupe montrant l'aide fournie par le niveau élevé de la nappe phréatique située entre l'origine de la nappe artésienne et le puits. *A* couche perméable, *B* couche imperméable en dessous, *C* couche imperméable au-dessus. La ligne foncée immédiatement au-dessous de la surface représente le niveau de l'eau dans la nappe phréatique; sa pression de haut en bas est représentée par la flèche *m*. Sa pression vers le haut produite par l'altitude de l'origine de la nappe artésienne est représentée par la flèche *n*. La ligne *F* représente le niveau de cette origine. Aucun écoulement n'aurait lieu à travers la couche *C*, excepté dans le voisinage du puits *D*. Mais l'eau de la couche *C* pourrait pénétrer dans la couche *A*; ce qui augmenterait le débit de celle-ci.

tages. Dans ces conditions hydrostatiques, des couches de calcaire reposant sur du sable fournissent une excellente combinaison.

Si, d'autre part, la nappe phréatique comprise entre le forage projeté et le point d'affleurement de la couche perméable est à un niveau inférieur à celui de la nappe artésienne, le débit du puits artésien diminuera, à moins que les lits enveloppes ne soient d'une texture compacte et exempte de fissures (fig. 10). Par exemple, s'il y avait entre ces deux

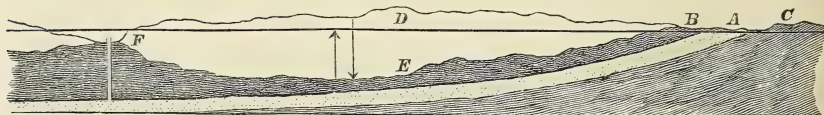


FIG. 10. Double coupe montrant les effets de l'élévation du sol au-dessus de la couche aquifère. (Pour l'explication, voir le texte.)

niveaux une différence de 100 pieds, cette différence correspondrait à une pression théorique d'à peu près 3 atmosphères, ou 45 livres par pouce carré; cette pression s'exercerait de haut en bas; elle dépasserait dans une forte mesure la pression de bas en haut (en ne tenant pas compte de la capillarité), et cela permettrait à l'eau de pénétrer plus ou moins à travers les pores et crevasses des roches; il s'ensuivrait une perte de charge et une diminution du débit. Chacun de ces points sont rendus visibles par le double profil de la figure 10, où *A* représente une couche poreuse enfermée entre deux couches imperméables *B* et *C*. L'origine de la nappe artésienne est en *A* et le forage que l'on se propose d'exécuter est en *F*. Dans l'un des deux cas, *E* est la surface du sol, et en même temps la surface de la nappe aquifère; dans l'autre cas, *D* remplit le même rôle. La flèche allant de bas en haut au point *E* indique la tendance de l'eau à sortir du lit perméable, grâce à la pression de l'eau provenant de l'origine de la nappe artésienne, tandis que la flèche dirigée vers le sol en *D*, représente la pression de haut en bas qu'exerce la nappe phréatique qui existe jusqu'en *D*. Cette dernière pression

dépasse, dans ce cas, celle qui provient de la nappe artésienne, et on peut prévoir avec certitude un jet artésien en F, si la surface du sol existe telle qu'en D, tandis qu'on ne pourrait l'assurer avec certitude si la surface était semblable à celle que nous avons en E.

Mon attention a, pour la première fois, été attirée sur ce fait en observant que, là où *la contrée était élevée* entre l'origine de la nappe artésienne et le puits, et avait un niveau d'eau élevé, le jet des puits artésiens atteignait une hauteur s'approchant d'une manière surprenante des estimations théoriques. Il n'y avait presque pas à tenir compte des obstructions et solutions de continuité, tandis que dans le cas où ces deux points étaient séparés par *une dépression*, il y avait une grande diminution dans les évaluations.

CHAPITRE IV

Inclinaison des couches.

Les couches perméables et celles qui les enveloppent doivent avoir une inclinaison telle que leur affleurement soit à un niveau supérieur à la surface du sol au point où l'on projette d'établir un puits; autrement, il n'est pas possible que le courant artésien trouve moyen de se produire. Les conditions idéales se produisent quand les couches sont inclinées vers un centre et plissées de façon à former un bassin. L'eau pénètre alors par les affleurements de la couche perméable, laquelle se trouve remplie jusqu'à son niveau d'affleurement. Si, d'ailleurs, cette couche saturée d'eau présente une solution de continuité en un point quelconque du centre du bassin situé à un niveau inférieur à celui du bord de celui-ci, un courant s'établira forcément.

Il n'est cependant pas indispensable, à cet effet, que les couches de terrain forment un bassin. Si elles sont inclinées de façon à présenter leur affleurement d'un côté et si, de quelque manière que ce soit, la couche perméable est obstruée au point que l'eau ne puisse s'en échapper, on peut obtenir un jet artésien, quelle que soit la manière dont se comporte le prolongement des couches. L'expérience prouve que, dans ce cas, on peut ne pas tenir compte de l'autre côté du bassin et considérer la question comme si les lits perméables devenaient imperméables en quelque endroit de leur étendue.

Un autre principe doit être aussi pris en considération. Rappelons-nous que les dépôts de sable sont dus à l'action des vagues, le long des rivages ou dans les parties peu profondes à proximité du rivage; les grains de sable sont plus grossiers (fig. 11) dans les dépôts du rivage et



FIG. 11. Coupe démontrant la possibilité d'obtenir un courant d'une couche qui a un affleurement à un niveau inférieur à celui du puits. *A* couche de sable grossier à droite à son affleurement supérieur, plus fin à son affleurement inférieur. *B* et *C* couches enveloppes, imperméables. *F* niveau d'eau dans la couche *A*. — *D*, puits qui donnera de l'eau malgré l'affleurement inférieur en *E*.

leur grain diminue de grosseur quand on s'éloigne de la côte. Quand, par la suite, ces lits ont été relevés et ont fait partie du continent, le plus souvent leur ancien rivage s'est élevé plus que les autres parties et est devenu le point origine des nappes souterraines (fig. 6 et 10).

En outre, l'extrémité des couches possède, au plus haut degré, le pouvoir de faciliter la circulation de l'eau. Ces premières couches ont généralement plus d'épaisseur ; elles ont un grain plus grossier et plus d'intervalles entre les particules. Si, pour ce motif, la nappe aquifère est abondante à la surface et si l'affleurement dans la direction opposée est très éloigné, bien qu'il soit à un niveau inférieur, elle peut ne pas donner une issue suffisante à l'eau à cause de la grande résistance qu'elle peut rencontrer sur une si longue distance, lors de son passage à travers les interstices très réduits d'une roche compacte. Dans ce cas, un forage près de l'affleurement de la couche perméable (en *D* sur la fig. 10) offrira à l'eau la voie où elle rencontrera le moins de résistance.

La question de résistance se révèle, même dans des cas où il n'y a pas de raison de croire à une modification, soit dans l'épaisseur des roches, soit dans leur texture. Beaucoup de puits importants à Oshkosh, Fond du Lac, Watertown et Palmyre (Wisconsin) proviennent de couches qui affleurent à 50 miles environ de l'endroit où ils sont forés, lequel affleurement est à un niveau notablement inférieur. Tous ces puits ont réussi, grâce au niveau de la nappe phréatique, très élevé entre le puits et l'origine de la nappe. Mais la résistance à l'écoulement à travers les couches aquifères semble avoir une grande importance, sinon toute issue inférieure épuiserait la nappe aquifère tout entière avec grande rapidité.

On doit bien comprendre que le frottement ne commence qu'à l'origine du mouvement et que le mouvement ne se produit que lorsque l'eau s'échappe ; de sorte que toute diminution de débit doit toujours commencer quand il y a eu frottement.

Altitude de la couche aquifère. — L'altitude de la couche aquifère qui affleure en amont du puits exerce une très grande influence. Il est évident que l'affleurement de la couche perméable doit être à un niveau

élevé ; de cette façon l'eau de la nappe aquifère est soumise à une pression assez considérable pour donner un débit suffisant, déduction faite de la perte de charge due au frottement. Cette perte de charge peut encore être accrue par suite de l'obstruction qui se produit en certains endroits que l'eau aurait à franchir. Quant à la question d'apprécier exactement quelle doit être l'altitude de l'orifice du puits par rapport à la couche aquifère, c'est là un problème complexe dont la solution réclame l'aide de la pratique. Les résultats de l'expérience sont même mis à profit dans les déductions théoriques. Parmi les facteurs principaux qui interviennent alors, il y a à considérer ; *a)* la distance du puits à l'origine amont ; *b)* le volume de la couche perméable ; *c)* la nature des terrains qui l'enserrent ; *d)* la configuration topographique, l'étendue superficielle de la zone d'infiltration, conformément à ce que nous avons déjà dit. Ces éléments peuvent se combiner d'une façon tellement variée qu'il est très difficile de soumettre d'avance un cas déterminé à une règle générale, dès l'instant où il s'agit d'une région de quelque étendue. Les données les plus efficaces seront fournies par les résultats pratiques observés dans des conditions analogues à celles que l'on considère. On comparera ensuite ces données avec celles du cas spécial étudié, afin d'en déduire des conclusions.

CHAPITRE V

Le réservoir ou origine de la source.

Il est souvent commode de parler de l'origine d'une source comme si elle provenait d'un réservoir ; de l'emploi de ce dernier mot résultent aisément des idées fausses, parmi lesquelles il en est deux qui sont particulièrement répandues et que l'on doit combattre. L'une suppose que le réservoir est un lac superficiel, l'autre présume qu'il est un étang souterrain, occupant une caverne.

Un lac superficiel est une source très peu probable de jet artésien ; nous avons déjà montré que l'eau, pour donner lieu à une nappe artésienne, doit avoir un passage facile dans la couche perméable, tandis que la plupart des lacs doivent leur existence au fond imperméable sur lequel ils reposent : ils ne pourraient se maintenir si l'eau venait à pénétrer dans le sol. Ce simple fait vient précisément en opposition avec l'idée qu'ils pourraient constituer les sources de nappes artésiennes. Loin de pouvoir leur attribuer cette propriété, il faut, au contraire, les envisager à un tout autre point de vue ; en effet la formation

d'un lac montre que les précipitations atmosphériques, au lieu de pénétrer dans le sol pour servir à l'alimentation des nappes aquifères, sont précisément maintenues à la surface et exposées aux pertes par évaporation ou par ruissellement superficiel.

Les précipitations atmosphériques qui tombent sur une région se divisent en trois parties : 1° par évaporation ; 2° par ruissellement superficiel ; 3° par infiltration dans le sol. Les puits artésiens ne peuvent profiter que des eaux provenant de l'infiltration ; si l'évaporation et le ruissellement augmentent dans une région, l'infiltration y diminue. Aussi dans les régions imperméables où la partie enlevée par évaporation et par ruissellement est considérable, la partie qui pénètre dans le sol par infiltration est fort peu importante.

La notion de l'existence d'un étang souterrain est, peut-être, plus difficile à infirmer ; en effet, des canaux tubulaires et des cavernes existent sans aucun doute et donnent naissance à des sources dans certains cas ; elles permettent le passage de l'eau et sont ainsi, dans un sens, des réservoirs, mais non dans le sens du terme employé pour les fontaines artificielles. Le réservoir ou origine de la source de la plupart des puits artésiens consiste simplement dans l'eau contenue dans les couches aquifères situées au-dessus du niveau où se produit l'écoulement de cette eau. Pour s'en faire une idée nette, il suffit de s'imaginer un tube de plomb incliné et rempli de sable, dont le bout serait bouché ; supposons que l'on y fasse pénétrer de l'eau jusqu'à ce que le sable en soit saturé. On peut arriver à produire un puits artésien en miniature en forant un petit trou à la partie inférieure du tube. L'eau s'écoulera par cette ouverture et le jet sera continu si l'on renouvelle l'eau à la partie supérieure du tube. Cette expérience donne lieu à un fait analogue à celui qui se produit dans un puits artésien, excepté que dans l'exemple nous avons un cylindre de sable saturé d'eau, tandis que dans la nature nous avons une couche perméable placée dans les mêmes conditions. Le réservoir, dans ce cas, est formé par l'eau qui se trouve dans le sable à la partie supérieure du tube. De cette façon, dans les puits artésiens, le réservoir ou l'origine de la source est l'eau contenue dans la partie élevée de la couche poreuse.

L'eau est fournie par les précipitations atmosphériques. On est conduit, en fin de compte, tout naturellement à examiner cette dernière source de production d'une nappe aquifère, mais en passant, nous examinerons comment l'eau se rassemble et est conduite à la couche aquifère du sous-sol.

CHAPITRE VI

Zone d'infiltration de l'eau artésienne.

L'affleurement de la couche perméable constitue pratiquement la zone d'infiltration de l'eau artésienne. L'étendue superficielle de cet affleurement dépend de l'épaisseur de la couche perméable, de l'angle sous lequel celle-ci se présente à la surface, enfin de la configuration topographique modifiée par l'érosion qui s'est produite à la surface du sol. La zone d'affleurement sera d'autant plus réduite que la couche perméable aura une épaisseur moindre et une inclinaison plus rapprochée de la verticale; elle ne pourra conséquemment, dans ce cas, rassembler qu'une petite quantité d'eau provenant des précipitations atmosphériques. Cette zone pourra, au contraire, devenir considérable lorsque l'épaisseur augmentera et que l'angle avec la surface sera faible; il lui sera possible, dans ce cas seulement, de recevoir et de conduire une grande quantité d'eau.



FIG. 12. Coupe montrant l'effet de l'épaisseur et de l'inclinaison des couches formant le sous-sol de la région d'infiltration. Dans la figure à gauche la couche perméable *A* est mince et, plongeant presque verticalement, elle donne très peu d'eau. Dans la figure à droite, la couche *A* est épaisse et affleurant sous un angle très aigu, son étendue est grande.

Effet de l'érosion et de la configuration topographique. — Sans vouloir poser de règle fixe, on peut dire qu'en général l'érosion des eaux courantes s'est opérée plus facilement dans les couches perméables que dans les roches imperméables. Toutefois des argiles légères peuvent être corrodées plus facilement que des grès même friables. Or, le phénomène de l'érosion peut diminuer sensiblement l'étendue de la zone d'infiltration; nous en voyons un exemple dans la fig. 13.



FIG. 13. Coupe montrant l'effet ordinaire de l'érosion de la surface d'une couche poreuse et le contour du bassin qui en résulte. Les lignes pointillées indiquent les contours primitifs.

En revanche, il peut aussi se faire que l'affleurement superficiel acquière par l'érosion plus d'extension. Dans le cas d'une plaine peu inclinée, couverte d'un sable, provenant de la décomposition

d'une couche perméable, il y aura peu de modification dans la surface du sol transformée par l'érosion. Le plus souvent, l'érosion de roches d'inégale résistance donne lieu à des affleurements raboteux ; de ces inégalités résultera un accroissement de la surface d'infiltration.

L'effet de l'infiltration des eaux dépend aussi de l'inclinaison de la surface. On conçoit que, dans le cas de terrains élevés, à pente rapide, le ruissellement superficiel augmentera au détriment de l'infiltration ; au contraire, les régions de plaine ne permettront pas un ruissellement rapide et faciliteront la pénétration de l'eau dans le sous-sol.

Lorsqu'il ne s'agit de demander à un puits artésien qu'une faible quantité d'eau, il suffit de connaître le débit de la couche perméable et le niveau de la nappe aquifère et cela à l'aide des puits ordinaires creusés dans cette couche. Dans les régions où les précipitations atmosphériques sont d'une importance moyenne, une petite surface rassemblera de l'eau en quantité suffisante, quand bien même la zone d'infiltration serait disposée d'une manière défavorable. Quand on désire un débit abondant, on ne peut manquer de tenir compte des considérations précédentes. Sans doute, le débit irrégulier d'un puits est plus souvent dû à d'autres causes. Avant d'entreprendre des travaux importants et coûteux, il faut être certain de pouvoir disposer d'un volume d'eau surabondant, exerçant une pression considérable pour pénétrer dans la couche perméable et s'y frayer un passage.

CHAPITRE VII

Avantages de la faible inclinaison de la couche perméable.

Nous venons d'examiner certaines conditions favorables présentées par une zone d'infiltration. Il est deux autres circonstances qui concourent au même résultat : 1° La zone d'infiltration sera d'autant plus grande que la couche aquifère plongera plus faiblement dans le sous-sol, à moins que la surface des terrains ne participe en même temps à cette forte inclinaison. (Fig. 14.)

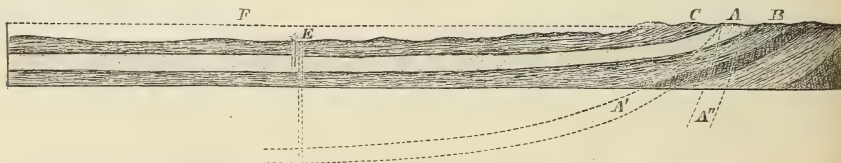


FIG. 14. Coupe montrant les avantages d'une inclinaison faible de la couche aquifère. A couche perméable ; B et C couches imperméables. A' et A'' indiquent la position de couches perméables avec une inclinaison plus forte.

2° Un autre avantage résulte de la texture de la roche perméable. Primitivement, les grès et les roches similaires affectaient une allure horizontale; leurs plissements sont dus uniquement aux pressions qui s'y sont exercées; il est résulté, naturellement, de cette action, une consolidation de la roche augmentant avec l'intensité de la pression exercée. Aussi s'ensuit-il pour ces couches bouleversées, une perméabilité souvent moins grande que pour celles qui n'ont subi que des dislocations peu importantes. C'est ainsi que plus les couches sont enfoncées dans le sol, plus le poids des roches qui les recouvrent est considérable et plus la tendance à voir leurs interstices remplis de solutions incrustantes augmente. Aussi l'idéal des conditions stratigraphiques des roches existe-t-il dans le cas où les roches ont été légèrement relevées par un mouvement général de la croûte terrestre, leur donnant une forme courbe et déprimée, permettant à ces couches de se maintenir en équilibre. Un jet artésien abondant et de grande hauteur dépend plus des conditions favorables offertes à la *circulation souterraine de l'eau* que de la *forme du bassin*.

Ce n'est pas, cependant, l'idée généralement répandue. Cette opinion est entretenue par les traités courants qui représentent les couches aquifères comme très courbées.

CHAPITRE VIII

Conditions relatives à l'affleurement de la couche perméable.

La facilité avec laquelle l'eau s'infiltre dans la couche perméable peut résulter de ce que la couche superficielle du sol ne renferme pas d'éléments consolidés. Dans les régions qui ne comportent pas de dépôts quaternaires de provenance voisine, le terrain qu'on voit à la surface provient de la décomposition de roches sous-jacentes, c'est-à-dire que la partie mise à nu a été simplement désagrégée. La décomposition d'une roche primitivement poreuse donnera naissance à une couche superficielle encore plus perméable que celle dont elle provient, de sorte que cette partie décomposée absorbera avec la plus grande facilité les eaux qui tombent à sa surface.

Dans les régions couvertes de *drift*, la surface en partie décomposée était plus ou moins polie par les actions glaciaires et était ensuite recouverte par une couche de terrains de diverses natures et par des fragments de roches diverses, tantôt poreuses, tantôt imperméables, présentant souvent dans les couches alternantes (quelquefois avec un haut degré de perfection) les conditions nécessaires à l'existence des

fontaines artésiennes. Le diluvium a souvent une certaine disposition à partager les caractères des roches sur lesquelles il s'est déposé; mais ce fait ne se présente pas dans tous les cas. Le plus souvent, le diluvium est imperméable et retient les eaux de surface. Il est limité à la surface du sol par des contours généralement irréguliers, formés grâce aux actions glaciaires et non par le ruissellement superficiel. Il s'ensuit que l'eau ruisselle plus lentement à la surface et qu'elle s'infiltre en bien plus grande quantité; ce qui, dans une certaine mesure, vient diminuer l'imperméabilité de ces roches; mais, en vérité, ces formations comportent une telle variété de dépôts soit glaciaires, fluviaux, lacustres ou marins, qu'on ne peut se faire sur leur perméabilité aucune idée générale qui ne soit sujette à erreurs. On ne peut en dire ici davantage, si ce n'est que l'on doit porter son attention sur les circonstances influant sur ce manteau si irrégulier qui couvre le sol.

CHAPITRE IX

Précipitations atmosphériques.

Les eaux des puits artésiens proviennent évidemment des nuages; il faut se demander avant tout si la quantité d'eau tombant sur le bassin que l'on considère suffit à tous les besoins. Ces besoins, il est vrai, sont très divers. Il faut calculer la proportion nécessaire aux usages de l'homme, et celle qui se perdra en s'écoulant par les interstices du sol. La quantité d'eau indispensable est très variable; tantôt elle consiste dans le faible volume nécessaire au cultivateur pour usages domestiques et pour le bétail; tantôt elle comprend le volume considérable nécessaire dans les villes pour leurs bains, égouts, jardins et rues, et aussi pour les exigences très impérieuses des irrigations des contrées arides. D'autre part, la quantité d'eau que les couches peuvent absorber, transporter sous le sol et débiter dans les puits a des limites beaucoup plus restreintes, et c'est là le meilleur moyen de juger si les précipitations atmosphériques sont suffisantes.

Différence existant entre les quantités d'eau reçue et tombée. — Il résulte des calculs basés sur la région où l'on se trouve et la quantité d'eau que l'on désire, que l'on s'imaginera arriver à des résultats brillants ou insuffisants. Dans les contrées les plus humides il n'y a pas lieu de se préoccuper de l'irrigation du sol lui-même; le volume à recueillir sera limité aux besoins domestiques et aux exigences de l'hygiène. Les ressources y sont grandes et la demande est restreinte. Malheureusement,

c'est toujours quand le besoin est grand qu'il y a le moins de ressources pour y pourvoir.

La proportion des précipitations atmosphériques nécessaire aux usages domestiques est généralement grande. Il tombe, sur 50 pieds carrés d'une contrée de population moyenne, plus d'eau qu'il n'en faut pour en fournir à un individu, même dans une ville où l'organisation sanitaire est celle de Paris. La proportion de pluie que réclame l'agriculture, bien que souvent très élevée, est, en général, moindre que celle nécessitée par les usages domestiques.

Ainsi, tandis que, dans les régions humides, les précipitations atmosphériques, considérées indépendamment des pertes qu'elles subissent, sont suffisantes pour satisfaire à la demande habituelle, on voit à première vue que, dans les régions arides, elles sont entièrement insuffisantes pour parer à toute éventualité.

CHAPITRE X

Irrigations à l'aide de puits artésiens.

Aucune eau ne se forme dans les puits artésiens ; ils ne peuvent qu'amener à la surface du sol l'eau qui leur arrive. Il leur est possible de concentrer ce volume en un point déterminé, mais non de l'augmenter, quand il n'atteint pas la quantité nécessaire. Si les précipitations atmosphériques ne fournissent que la moitié de la quantité d'eau exigée, il ne faudra cultiver que la partie de la région à laquelle on pourra réserver toute l'eau recueillie. Il ne peut être question en effet d'amener, par des canaux, l'eau aux endroits où elle manque. L'insuffisance des puits artésiens sous ce rapport est encore évidente.

Un puits artésien ne fournira et ne pourra fournir que la quantité d'eau provenant des précipitations qui tombent, non sur toute la région, mais bien sur la zone d'affleurement de la couche perméable. En général, cette zone occupe une surface beaucoup plus restreinte que la contrée sous laquelle ces couches existent et sur laquelle on devrait compter pour obtenir un débit suffisant pour l'irrigation.

Si l'on considère en outre que l'évaporation et le ruissellement enlèvent une grande partie des précipitations atmosphériques, et si l'on admet l'impossibilité pour les puits de débiter toute l'eau qui pénètre dans les couches perméables, on ne peut avoir que peu d'espoir d'obtenir l'eau nécessaire à l'irrigation d'une région aride au moyen de puits artésiens. Nous allons cependant examiner quelques faits qui viennent à l'encontre de cette opinion.

I. *Régularité de la répartition du rendement en eau.* — Les couches perméables agissent comme un régulateur ; l'eau y pénètre par moment suivant les variations des chutes pluviales ; mais elle en sort avec une grande uniformité. Les chutes de pluie des mois humides déterminent le débit des mois secs. Dans les cas où il n'y a besoin que d'un léger supplément de débit pendant la saison sèche, cette répartition régulière peut rendre de grands services.

II. *Réservoirs supplémentaires.* — Il ne faut de l'eau pour l'irrigation que pendant la saison où pousse la récolte ; on doit donc, tant que le jet artésien se produit sans interruption, établir dans certaines localités des réservoirs où l'eau s'assemble pendant la saison d'hiver, et est employée quand elle est nécessaire. Cette méthode ne diffère pas essentiellement du système de réservoirs construits dans le voisinage des cours d'eau pour empêcher les inondations ; elle présente l'avantage de préserver la contrée d'inondations, et peut être aisément contrôlée. Toutes ces méthodes sont limitées aux dépenses qu'on peut y consacrer. Une pluie de peu d'importance même suffirait pour une récolte si on l'utilisait au bon moment. Des averses abondantes, des inondations saisonnières et des pluies d'hiver amènent l'eau en causant de nombreux dommages. Si la pluie des régions arides de l'Ouest pouvait être répartie d'une manière plus régulière, les régions incultes pourraient être réduites dans une forte mesure. Les puits artésiens rendent des services, quand ils peuvent contribuer à une meilleure distribution de la pluie.

III. *Autre avantage.* — Les couches perméables sous une région sèche peuvent recevoir de l'eau provenant d'une région plus favorisée. Souvent les bords relevés des couches forment les collines servant de contre-forts à des chaînes de montagnes qui condensent l'humidité et y déterminent des précipitations atmosphériques beaucoup plus considérables. Des courants artésiens, sortant de couches dans une situation si favorable, permettent de faire passer les eaux des régions plus humides à des régions plus sèches, et pour cette raison ils tendent à égaliser la distribution des eaux dans l'espace de la même façon qu'ils ont amené cette répartition dans le temps.

IV. *Réutilisation de l'eau.* — Quand l'eau s'est infiltrée dans les couches supérieures du terrain, elle a acquis, par ce passage, une plus grande valeur agricole, et la conserve jusqu'à ce que quelque force ait ramené cette eau à la surface. Cette même eau a son utilité, car en saturant les couches profondes du sol, elle empêche les nouvelles eaux de pluie de pénétrer aussi profondément qu'elles le pourraient, et les retenant plus près de la surface, les conserve en un endroit plus favorable

à leur utilisation soit par capillarité, soit par les actions des racines. Les puits artésiens, cependant, ramènent à la surface l'eau qui avait pénétré à des profondeurs où elle ne pouvait plus servir à rien ; ils permettent de l'utiliser une seconde fois au grand avantage de la végétation et de l'atmosphère, où elle est évaporée. Il y a donc, dans les puits artésiens, outre un transport de l'eau, une augmentation d'utilité.

CHAPITRE XI

Relations entre la quantité de pluie mesurée et la capacité de la couche perméable.

Quittons maintenant les généralités relatives à la quantité des précipitations atmosphériques et abordons la question plus pratique du volume des eaux météoriques que peuvent absorber les couches de terrain. Tout volume d'eau qui dépasse celui que peuvent conduire les couches perméables, ne peut avoir d'utilité pour un puits artésien. Prenons, comme point de départ, une position d'équilibre de la nappe aquifère : nous supposons que l'eau se trouve dans la couche perméable à un niveau donné. Imaginons que les précipitations atmosphériques soient un peu plus abondantes, de façon que la nappe puisse atteindre un point où se produise une source. Un puits creusé en un endroit convenable fournira, outre son débit habituel, une quantité d'eau en relation avec la facilité de circulation de l'eau dans le sous-sol. Si ce passage est libre et ouvert, un certain nombre de puits pourraient épuiser la nappe donnant lieu à la source et empêcher le jet artésien de se produire ; l'eau restant dans le sol serait alors en équilibre. Prenant cette position d'équilibre hydrostatique ainsi obtenue comme niveau de base, considérons l'effet des divers degrés d'augmentation des précipitations atmosphériques. Pendant un certain temps toute augmentation des précipitations fera croître le débit, qui augmentera à peu près proportionnellement aux chutes de pluie, aussi longtemps que la facilité de circulation de l'eau à travers les couches de terrain restera la même. Si les précipitations atmosphériques augmentaient au delà de ces limites, le premier effet serait d'élever l'origine de la nappe, ce qui aurait pour résultat d'augmenter la pression que l'eau exerce sur les couches enveloppes imperméables ; en même temps, le jet artésien s'élèvera un peu. Toute augmentation subséquente de la pluie agira sur l'origine de la nappe et sur le jet

artésien jusqu'à ce que le niveau d'eau dans la couche perméable atteigne la surface du sol. Dès que ce point aura été atteint, l'augmentation de la pluie n'aura que peu d'effet, car l'excès d'eau s'écoulera à la surface, ou sera perdu par évaporation.

Si les couches de la région considérée sont ainsi remplies d'eau en quantité surabondante, nous saurons que les précipitations atmosphériques sont suffisantes. Une telle constatation procure un moyen pratique de déterminer les conditions dans lesquelles se présente un forage préalablement à toute tentative d'un tel travail. Le niveau moyen de la nappe aquifère ordinaire est indiqué par les puits. Si de grandes fluctuations y sont produites par les variations des précipitations atmosphériques, un effet semblable en résultera dans les puits que l'on se propose d'établir. Mais si leur niveau est constant, les précipitations atmosphériques peuvent être considérées comme suffisantes pour venir en aide au débit; la stabilité du débit ne provient que d'une surabondance d'eau à laquelle un détordement sert de régulateur.

Si le volume d'eau souterrain n'a pas d'issue en dehors de l'infiltration et de l'évaporation par capillarité, il augmentera quand la pluie tombera en abondance, et décroîtra quand celle-ci diminuera; mais quand ce volume reçoit une telle quantité d'eau qu'il puisse déborder, son niveau restera constant, précisément à cause de la quantité d'eau qui déborde. De même que la constance de niveau d'un lac, malgré l'irrégularité des chutes pluviales, indique clairement une alimentation d'eau suffisante et un écoulement régulateur, de même lorsque le niveau des nappes souterraines reste invariable, il faut en conclure que le sous-sol est saturé, l'alimentation suffisante et le surplus assuré d'un écoulement facile. Il y a encore une indication du fait que l'eau est surabondante quand, celle-ci s'étant infiltrée dans la couche perméable, ressort en jaillissant sous forme de sources. Si la couche perméable n'était pas déjà saturée, l'eau y pénétrerait et y resterait, tandis que l'eau n'arrive à l'extérieur que parce que la couche étant saturée, elle ne peut lui permettre d'y pénétrer davantage. L'eau peut s'écouler à la surface de la terre, quoique le sous-sol ne soit pas encore saturé; mais, entrée dans une couche perméable continue, elle ne peut en ressortir que parce qu'il ne lui est pas possible d'y pénétrer plus profondément.

Ces indications montrent la situation des richesses aquifères de la région; que la couche ait été traversée ou non par un forage, elles servent de guide aux entreprises subséquentes. Si lors du creusement de nouveaux puits les sources tarissent, si le niveau d'eau s'y abaisse,

sans qu'on puisse en trouver un autre motif, il y a lieu de croire que l'insuffisance se fait sentir à l'origine de la source, ces nouveaux puits consommant le surplus, sinon réduisant le volume d'eau formant réservoir.

Avec quelques restrictions, on peut admettre l'opinion que dans les régions qui reçoivent suffisamment de pluies pour l'agriculture, l'atmosphère déverse sur la partie supérieure de la couche perméable tout ce que les puits sont capables d'en retirer. Il y a des exceptions là où d'énormes forages sont tentés pour épuiser tout le volume d'eau disponible. Dans ce cas, on doit faire une étude spéciale avant de les entreprendre. Il peut y avoir des exceptions également quand la capacité de la couche perméable est très grande et que la région où se fait l'infiltration est petite. Ce que nous venons d'exposer peut parfaitement s'appliquer aux entreprises ordinaires des villes et sociétés.

Dans la catégorie de puits que l'on a creusés dans des dépôts quaternaires ou dans d'autres couches superficielles encore meubles, on trouve plus de variété, et une relation plus intime entre la quantité d'eau tombée et celle fournie par les puits. Ces dépôts, formés de sables et de graviers, présentent, en effet, généralement des interstices et permettent alors une libre circulation de l'eau ; le réservoir qui les alimente est peu éloigné, de manière à réduire la résistance entre ce dernier et le puits que l'on fore, la région où se fait l'infiltration est d'ailleurs ordinairement de peu d'étendue. Dans ces conditions, un nombre considérable de forages peut extraire tout ce que la pluie peut déverser sur la zone désignée. La quantité d'eau fournie variera donc avec la quantité de pluie tombée dans le pays.

Les cas dans lesquels une augmentation des précipitations atmosphériques, au delà d'une certaine mesure, sera le plus sensible, seront ceux dans lesquels la capacité de la couche aquifère est grande et l'imperméabilité des couches supérieures imparfaite. Si, toutefois, la couche aquifère a une texture compacte et si les couches supérieures sont imperméables, une pluie, même modérée, fournira à la zone d'infiltration plus que ce qu'elle peut répartir en un certain nombre de puits pratiqués de distance à distance. Elle y maintiendra le niveau d'eau le plus élevé possible.

Des considérations qui précèdent, il résulte que pour un grand nombre de puits creusés dans des couches profondes, le volume de la pluie qui tombe au delà d'une certaine limite a peu d'influence sur le débit, tandis que pour des sources à plus grand débit, c'est un élément d'une grande importance.

CHAPITRE XII

Fuite de l'eau à un niveau inférieur au puits.

Il est évident que si les couches enveloppes du courant artésien sont percées, soit naturellement, soit artificiellement en un point inférieur au niveau du puits, l'eau éprouvera une diminution de pression en s'échappant par ces ouvertures et il pourra ne pas y avoir d'écoulement par le puits artésien. Si les couches enveloppes de la nappe artésienne sont épaisses, il n'y aura aucun motif pour que le débit du puits ne soit pas suffisant. Cependant, dans les régions où les fissures et les mouvements du sol sont fréquents, l'absence d'écoulement à travers les fissures peut faire craindre des insuccès.

Les défauts artificiels proviennent principalement des puits que l'on a forés précédemment. C'est un fait bien reconnu que là où plusieurs puits sont situés les uns près des autres, ceux qui se trouvent plus bas que le puits projeté peuvent déjà avoir épuisé toute la nappe aquifère. L'inverse peut aussi arriver si le nouveau puits est plus bas que ceux existant précédemment. Le remède, dans ces cas, est simple : on peut diminuer le débit des puits inférieurs jusqu'à ce que ceux d'un niveau supérieur donnent de l'eau ; il est possible aussi d'amener tous les puits à un même niveau à l'aide d'un tubage. Il n'y a peut-être pas de meilleure preuve de la capacité de débit de la couche aquifère que la manière dont le débit d'un puits influe sur celui d'un puits voisin. Dans le cas où le débit est considérable et trouve aisément son issue, l'eau pourra passer plus facilement d'un puits à l'autre.

D'anciens puits qui n'ont jamais été surveillés, ou qui ont été négligés, peuvent être des causes cachées d'insuccès. L'eau peut s'élever dans ces derniers, arriver à des sédiments superficiels meubles ou dans d'autres couches perméables, et s'échapper par déversement latéral. La pression de la nappe artésienne est ainsi diminuée et on n'obtient pas de jet. Le remède consiste à combler les vieux puits, ou à les mettre dans les mêmes conditions que les nouveaux.

CHAPITRE XIII

Conditions particulières relatives au débit d'un puits artésien.

Il a été suffisamment démontré que si la circulation de l'eau souterraine a lieu dans une couche de faible épaisseur et constituée en outre d'une roche plus ou moins compacte, ces deux circonstances désavantageuses auront pour résultat de faire diminuer considérablement le

débit, quelle que soit, d'ailleurs, l'étendue et la puissance de la zone superficielle alimentant la nappe aquifère. Des conditions inverses donneront lieu, au contraire, à une venue d'eau abondante.

Une seconde condition dépend du puits lui-même. Il est clair que si le puits n'atteint que la partie supérieure de la couche aquifère, il n'y aura qu'un débit très restreint; mais si, d'autre part, le puits y pénètre profondément, l'eau pourra s'y précipiter de toutes parts et le débit peut devenir considérable.

Moyens d'accroître le débit: A. Explosifs. — Le forage ayant traversé la couche perméable toute entière, on peut reconnaître que l'on s'est peut-être trompé dans ses prévisions quant au débit du puits. Parmi les circonstances défavorables conduisant à un pareil résultat, on peut citer en premier lieu les variations dans la perméabilité de certaines couches, qui présentent des parties plus ou moins compactes. De même, si la circulation de l'eau artésienne se fait dans les fissures de la roche, l'irrégularité de ces voies souterraines offrira naturellement des endroits désavantageux à un forage.

Pour remédier à ces inconvénients, on pourra recourir à l'emploi d'explosifs dont l'objet sera de rompre, de diviser, ou d'écarter les fragments de la roche, et de faciliter ainsi la circulation de l'eau. Ce procédé est employé d'une manière efficace dans les régions où l'on exploite les pétroles.

B. Augmentation du diamètre du puits. — L'augmentation du diamètre du puits peut accroître le débit, mais ce moyen est plus onéreux et moins productif que le précédent, dès que la profondeur devient assez grande. Certains sondeurs procèdent habituellement en pratiquant d'abord un forage de petit diamètre, qu'ils élargissent ensuite. Outre les avantages qu'il peut y avoir à faire un forage de petit diamètre, cette manière de procéder permet de fixer avec plus de certitude le prix du forage en un point déterminé. Le résultat obtenu dans ce premier travail permet ainsi aux sondeurs d'apprécier le résultat probable du travail d'élargissement.

On peut dire que, si l'eau jaillit sous une forte pression, l'élargissement du tube donnera lieu à un débit plus grand, puisque le frottement se trouvera sensiblement diminué par l'augmentation du diamètre. Si, au contraire, le jet est doué de peu de force ascensionnelle et si en même temps le point origine de la nappe artésienne est assez élevé, c'est un indice que le courant souterrain rencontre des obstacles assez nombreux. Ces indications sont défavorables à l'élargissement du puits. Si l'origine de la nappe artésienne est à un niveau peu élevé, un jet d'une certaine importance est un signe évident d'un débit assez considérable

dont la valeur ne serait pas modifiée par un forage de plus grand diamètre.

C. *Comparaison entre l'effet d'un seul puits de grand diamètre et celui de plusieurs puits de dimensions moindres.* — La nécessité d'obtenir de grands volumes d'eau pour l'alimentation des villes et villages oblige souvent d'examiner la question de l'établissement d'un seul puits aux grandes dimensions ou de plusieurs aux dimensions ordinaires; il faut, pour étudier cette question, entrer dans les considérations suivantes : Si la capacité de la couche aquifère est connue et paraît, selon toute probabilité, suffisante pour amener au fonds du puits toute l'eau à utiliser à la surface du sol, il est évident que l'économie demande qu'on ne fasse qu'un seul forage de grande dimension. Mais dans tous les cas où une grande quantité d'eau est nécessaire, et spécialement dans ceux où l'on parvient à faire débiter à la couche aquifère tout ce qu'elle peut donner, il pourrait y avoir avantage de faire plusieurs forages assez distants les uns des autres; on met ainsi à contribution une surface plus grande de la couche aquifère. Il est clair que la roche perméable ne peut débiter à la base d'un seul puits, même de grand diamètre, autant d'eau que par plusieurs puits. En outre, par l'emploi des explosifs, le trou de forage de chaque puits peut être agrandi et atteindre la dimension du puits unique. Les énormes puits qui ont quelquefois été entrepris, ne sont pas, pour ce motif, à recommander.

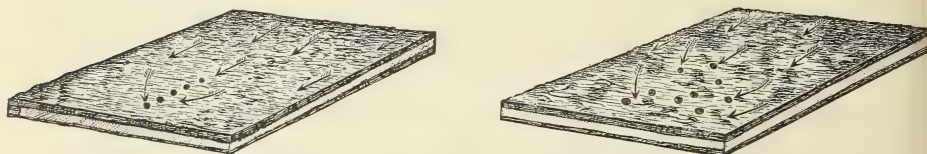


FIG. 15 et 16. Coupes de couches montrant la disposition désavantageuse des puits.

D. *Répartition des puits.* — Il importe beaucoup de répartir judicieusement les puits artésiens. Quand on en fore plusieurs, en supposant déterminée la direction générale suivie par le courant artésien, les puits situés dans ce sens, en ligne continue (fig. 15 et 16), se trouveront dans des conditions inégales : les puits d'amont, à partir du premier, auront une position privilégiée. Si les puits sont groupés, ceux qui sont placés extérieurement diminueront le débit des autres aux dépens de ceux établis à l'intérieur du groupe. Une disposition avantageuse sera obtenue en établissant les puits suivant une ligne brisée à angles droits, dans le sens général du courant. Une répartition peut-être encore plus favorable (fig. 17 et 18) mais sujette à certains aleas,

d'après les circonstances locales, consisterait à ranger les puits en ligne convexe par rapport à l'affleurement de la couche poreuse. Quant à la distance dont on doit les séparer, il est évident que plus ils seront éloignés, plus leur débit sera important, et moins d'influence ils auront les uns sur les autres. Il n'en est pas moins vrai que des considérations pratiques déterminent seules leur éloignement.

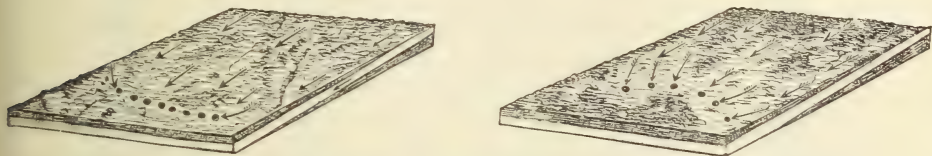


FIG. 17 et 18. Coupes de couches montrant une disposition avantageuse des puits.

CHAPITRE XIV

Déperditions de l'eau dans les puits.

Jusqu'ici nous ne nous sommes occupé spécialement que des conditions relatives à la couche perméable et au mode de circulation souterraine de l'eau artésienne. Nous avons été amené, dans le chapitre précédent, à quelques considérations relatives au puits lui-même; nous allons aborder maintenant l'étude des causes qui s'opposent au mouvement de l'eau dans les puits.

I. *Frottement*. — Nous avons rappelé précédemment le fait, d'ailleurs bien connu, que le frottement diminue quand on augmente le diamètre du puits et que, pour ce motif, il y a avantage à forer des puits de grand diamètre. L'introduction d'un tube de petit diamètre au sommet du puits augmente les résistances et diminue l'importance du jet artésien. Redressons ici une erreur qui consiste à croire que le niveau de l'eau s'élève davantage lorsqu'on place à la partie supérieure du puits un tube de diamètre plus petit que celui du puits lui-même. Cette idée provient du fait qu'une réduction du diamètre à la sortie d'une conduite peut augmenter la force ascensionnelle du jet qui en sort; mais jamais ce jet ne pourra s'élever au niveau qu'atteindrait l'eau dans un tube entièrement ouvert. En réalité, le niveau s'établit à la même altitude dans un tuyau large ou étroit.

II. *Ecoulement latéral*. — L'eau se trouvant forcément sous pression dans le puits, s'échappera latéralement si une issue se présente. Si, en quelque point de la partie supérieure du puits, elle rencontre une crevasse, une cavité ou une couche perméable qui n'est pas occupée par du liquide à une pression égale à la sienne, elle s'échappera

par la voie qui se présente à elle. Il est nécessaire d'éviter cette cause de perte. Quelquefois les soins spéciaux que nécessite le forage empêchent cette circonstance de se produire. En effet, lorsqu'en forant un puits, on rencontre un sol formé de sable, de gravier, d'argile et autres matières qui se trouvent au-dessus du lit rocheux, on a l'habitude de descendre un tube en fer pénétrant de quelques pieds dans la roche en faisant usage d'une tarière de plus grand diamètre que celle que l'on emploie pour le restant du puits. Si ce tube est convenablement serré dans la roche, l'écoulement latéral devient impossible. Il n'est pas toujours possible d'employer ce moyen. D'ailleurs, en beaucoup de cas, les couches traversées à la partie supérieure donnent lieu à de grandes pertes et il est nécessaire d'avoir recours à des méthodes spéciales pour les éviter.

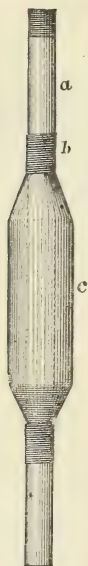


FIG. 19. Poches à semences : a tuyau de décharge; c poche en cuir remplie de semences de lin séché; b merlin pour retenir les bouts de la poche.

III. *Captation du courant.* — Il est clair qu'on peut obtenir une captation parfaite en descendant un tube jusqu'à la partie compacte de la couche enveloppe supérieure du courant artésien. Autrefois ceci se faisait par un moyen aussi simple qu'ingénieux, connu sous la dénomination de « Seedbag » (fig. 19). C'était une poche en cuir, ayant la forme d'un cylindre et ouverte aux deux extrémités, d'un diamètre égal à celui du tube du forage. La figure permet de s'imaginer suffisamment son fonctionnement. On remplissait la poche de graines de lin bien sèches et on vissait le bout supérieur au tube. Quand l'instrument était ainsi ajusté, on le descendait dans le puits au point voulu et la graine gonflait par l'absorption de l'eau. Ceci élargissait la poche et fermait le trou de forage hermétiquement, empêchant l'eau de passer hors du tube. De cette façon tout le liquide ne pouvait que s'élever par le tube jusqu'à la surface, ou tout au moins aussi haut que la pression l'y forçait.

Un moyen plus convenable, mais plus dispendieux, consiste à entourer le tube de disques en caoutchouc qui gonflent de la même manière que la graine de lin. Plusieurs de ces disques sont enfilés sur une partie du tube et sont serrés entre deux rondelles en fer qui, par pression font dilater le caoutchouc latéralement et ferment les issues existant autour du tube. La construction de ces pièces et leur ajustage sont suffisamment indiqués par les figures 20 et 21, qui montrent un des modèles en usage.

CHAPITRE XV

Mesure de la hauteur du jet artésien.

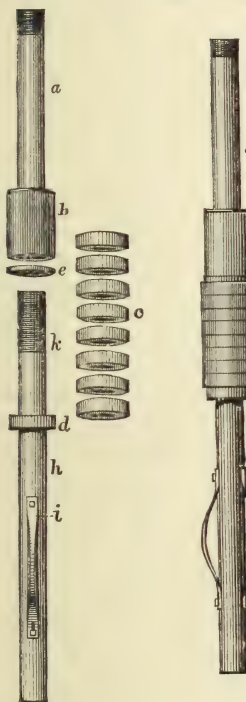


FIG. 20.

Montrant l'appareil vissé tel qu'il est dans le puits. *a* tuyau de décharge; *b* grand dé dans lequel *k* se visse; *e* rondelle de fer; *c* une série de rondelles de caoutchouc s'adaptant à *k* entre *b* et *d*; *k* partie du tuyau se vissant dans le dé *b*; *d* rondelle formant la tête de la vis *k*; *h* partie du tuyau en dessous de la garniture; *i* un ressort pressant contre les parois du forage pour fixer le tuyau *h* pendant que *a* et *b* sont vissés sur *k*.

Lorsque le puits a été bien établi, il est facile de déterminer la hauteur à laquelle l'eau artésienne peut s'élever.

Si la pression n'est pas forte, il suffit de surmonter le puits de tuyaux s'élevant au-dessus de la surface du sol, et à une hauteur telle que l'eau ne se déverse plus à leur extrémité. Si la pression est grande, le niveau hydrostatique pourra s'élever très haut. Dans ce cas l'emploi d'un appareil de jaugeage convenablement calibré et mesurant la pression, permettra de déterminer la hauteur du jet. Chaque livre de pression par pouce carré correspond à une élévation de 2.31 pieds.

Prévisions relatives à la hauteur du jet. — L'estimation de la force ascensionnelle d'une source abondante dont le débit est certain, est une opération aisée; elle contraste avec la difficulté qu'on éprouve à estimer préalablement la hauteur atteinte par le jet artésien. Théoriquement, le niveau d'eau dans le puits s'établira à la même hauteur que dans la partie la plus élevée de la nappe artésienne, et il y aura écoulement à tout niveau moindre que celle-ci. Mais la circulation difficile à travers le sous-sol, réduit la hauteur à laquelle l'eau peut s'élever, et le frottement éprouvé par le long passage à travers les roches et le puits diminue encore l'altitude à laquelle le courant pourrait s'élever. Le sondeur prudent cherchera, cependant, avec le plus de soins possible, une base

réellement scientifique pour établir son appréciation. Dans presque tous les districts, des puits ont été entrepris et leurs résultats, heureux ou défectueux, quand ils sont soumis à une analyse critique et quand

ils ont été interprétés, fournissent des données précieuses quoique pouvant, dans certains cas, ne s'appliquer qu'à la localité explorée. On ne saurait trop insister auprès des sondeurs, des géologues, et même des particuliers, sur l'importance qu'il y a d'enregistrer les résultats précis de toutes les entreprises de forage, qu'elles soient bonnes ou défectueuses.

CHAPITRE XVI

Découverte du courant.

Nous avons vu plus haut que l'eau peut monter du fond du puits à sa partie supérieure et y trouver une issue latérale à travers les couches voisines de la surface du sol. Si l'on n'a pas tenu compte de ce fait, il se peut que l'eau ne parvienne pas à s'écouler extérieurement. Pour ce motif, il faut, aussitôt qu'on atteint une nappe artésienne, voir si l'eau, n'ayant pas d'issue latérale, peut encore s'élever jusqu'à la surface : 1° Ordinairement un courant artésien s'annonce par la montée de l'eau dans le puits, quoique cette constatation ne se fasse pas toujours. 2° L'examen de certains faits agissant sur la tarière peut faire naître l'incertitude. 3° Quand on découvre un courant de grande violence, les débris produits par le forage peuvent être emportés ; si donc la pompe à épuiser le sable ne le ramène plus à la surface du

sol, ou ne ramène que les matières plus grossières, il y a de sérieux motifs de croire qu'un courant a été atteint et l'on doit, dans ce cas, faire les essais que la situation commande. Dans les entreprises qui ne réclament pas un grand débit, les épreuves doivent être faites quand on a de telles indications. Il est ordinairement désirable, avant de continuer le forage, de connaître par des essais la quantité d'eau que peuvent contenir les couches présentant quelques-unes de ces indications. Dans les contrats, on doit stipuler que ces épreuves seront faites, car il n'est pas de l'intérêt du sondeur, une fois ses machines placées et en mouvement, d'arrêter les travaux à une profondeur moindre que celle fixée primitivement. L'arrivée du volume d'eau peut être déterminé par l'emploi de tubes ou de poches à graines, comme il a été expliqué plus haut.

Preuves erronées. — En toute honnêteté, il est possible de faire erreur et d'obtenir un résultat négatif ou faux. Supposons que deux couches perméables A et B (fig. 22) soient séparées par une couche imper-



FIG. 22. Coupe d'un puits montrant une épreuve négative.

méable et qu'on ait négligé de faire l'essai de la première parce qu'on ne se trouvait pas en présence d'indications encourageantes ou pour d'autres raisons. Si l'on désire faire cette épreuve et si l'on place la poche à graines ou à caoutchouc au-dessus de la couche A, ces deux couches ayant un niveau d'eau de même altitude, on peut avoir confiance dans l'essai que l'on a fait, et le résultat indiquera le débit combiné des deux nappes. Mais supposons que la couche A ait été attaquée par érosion ou atteinte par des crevasses, tandis que la couche B soit restée intacte et ait pour sa source une origine à niveau supérieur. Dans ces conditions, l'eau de B pourra s'écouler à travers le trou de forage et s'échapper latéralement dans A, comme le montre la figure. Dans ce cas, le puits ne donnera aucun résultat, ou bien l'essai que l'on a fait conduira à un résultat, erroné. Si l'eau, en s'échappant latéralement par la couche A, emmène les eaux de B et s'il n'y a pas d'écoulement extérieur, l'eau restera dans le tube d'essai à la même hauteur que pendant l'épreuve, et le résultat sera négatif. Il indiquera une possibilité qui n'existe pas réellement. Si, d'autre part, il y avait un écoulement latéral à travers les couches voisines de la surface aussi bien qu'à travers A, l'introduction du tube d'essai empêcherait cet écoulement. Dans ce cas, l'eau monterait dans celui-ci, et produirait, peut-être, un jet artésien. L'inconvénient d'une épreuve pareille consiste

dans le fait qu'elle semble donner un résultat, tandis qu'en réalité il n'y en a aucun. On ne saurait remédier à cet inconvénient qu'en plaçant la poche à graines entre les deux couches poreuses A et B.

2° Prenons un autre exemple ; les deux couches perméables A et B (fig. 23) ont été traversées par le forage et l'appareil en caoutchouc a été placé entre ces deux couches. 1° Si le débit de A est alors égal à celui de B, l'eau se trouvera à la même hauteur dans le tube et en dehors, s'il n'y a pas d'écoulement latéral dans les couches voisines de la surface traversées par le puits. 2° Si l'absence du courant artésien était due à cet écoulement latéral, il y aurait alors un courant provenant de la couche B, mais celui de A se perdrait dans le sol. 3° Si A provient d'une nappe dont l'origine est à un niveau plus élevé que celui de B (fig. 23), et s'il n'y a pas d'issue latérale dans la partie supérieure des couches, l'eau sera moins élevée dans le tube qu'en dehors. 4° Si, cependant, dans ce cas, cette perte latérale existe dans les couches supérieures rencontrées

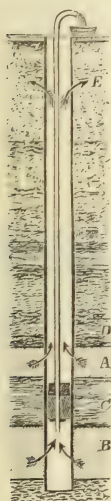


FIG. 23. Coupe d'un puits montrant un essai imparfait.

par le puits, le courant de A sera perdu, tandis que B pourra s'élever dans le tube ou même donner un jet artésien pouvant faire croire à un bon résultat, tandis qu'en réalité la plus grande partie du débit aura été perdue. 5° Si A donne un courant plus faible que B, mais a son affleurement au même niveau, l'épreuve ne serait pas satisfaisante, si l'on se contentait de ne faire usage que du courant moins important provenant de A. 6° Si, cependant, A a son affleurement moins élevé, ce qui permet à l'eau de B de s'écouler, la poche à graines a été placée au point voulu, et on arrivera aux meilleurs résultats possible.

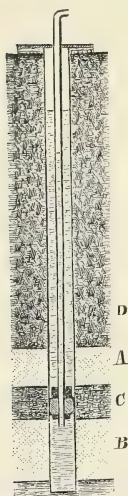


FIG. 24. Coupe d'un puits montrant un essai interverti.

3° Dans un autre exemple encore, soient A et B représentant des couches perméables (fig. 24), dont la plus basse B est dans des conditions telles, qu'elle puisse drainer la couche supérieure au moyen d'une issue se trouvant à un niveau inférieur, comme il a été indiqué dans les fig. 6 et 7. 1° D'abord si la perte par cette action de drainage de la couche n'est pas complète et si la poche à graines est placée au-dessus de A comme le montre la fig. 25, I, le résultat sera négatif. 2° S'il y avait une perte considérable, elle serait arrêtée par le tube et la poche à graines; une ascension dans le tube en serait le résultat dans la plupart des cas. Dans les deux exemples le résultat est trompeur, particulièrement dans le dernier, à cause de l'ascension peu considérable de l'eau. Le fait est que le courant de la couche productive est perdu par le bas. 3° Supposons que

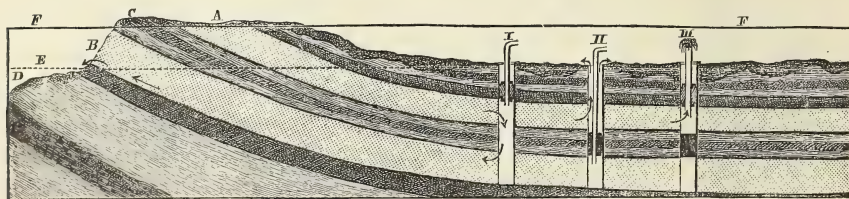


FIG. 25. Coupes de trois puits montrant un bon et deux mauvais essais. Ces puits doivent être considérés comme indépendants les uns des autres et ne sont représentés ensemble sur le diagramme que pour la facilité de la comparaison.

la poche à graines soit placée entre A et B comme dans la fig. 25, II, elle interceptera le courant provenant de la couche A, tandis que celui de B, à cause d'une issue plus basse, ne pourra s'écouler. S'il y a un écoulement latéral dans les couches supérieures, le courant de A mon-

tera dans le puits en dehors du tubage et pénétrera dans les couches perméables supérieures si elles existent 4° Mais si ces couches n'existent pas, l'eau s'élèvera jusqu'à la surface et jaillira, tandis que celle qui se trouve dans le tube restera probablement à un niveau plus bas qu'avant l'épreuve. La méthode à employer dans ce cas consiste à placer la poche à graines à un point quelconque de la couche imperméable entre A et B ; ce qui arrêtera le courant inférieur. Un tubage placé alors au-dessus de A interceptera tout écoulement dans les couches supérieures et le débit complet de la couche aquifère A pourra être capté. Ces exemples montrent la nature des épreuves défectueuses et les conclusions trompeuses qui peuvent en naître. Le remède employé donne des résultats évidents. Faire un essai de toutes les couches aquifères au fur et à mesure qu'elles se rencontrent, sera le seul moyen d'éviter les erreurs.

CHAPITRE XVII

Influence du temps sur le courant.

Il a été observé que le débit des puits artésiens diminuait avec le temps, et cette idée a conduit à dire que ce fait était inévitable. Il n'est pas sans importance pour cela d'examiner les causes qui amènent la diminution du courant artésien. On a remarqué que le débit des puits artésiens diminue pendant la marée et l'on a déduit de cette coïncidence une relation directe entre ce phénomène marin et la diminution constatée. Mais ce dernier fait peut s'expliquer aussi par d'autres causes que nous allons examiner successivement.

1° *Réduction du débit par suite de la perte des gaz contenus dans le sous-sol.* — Nous avons omis de signaler une catégorie de puits artésiens dans lesquels l'écoulement se produit, non par la différence de niveau des eaux, mais par la force expansive de gaz disséminés dans la masse liquide. L'influence de ces derniers peut s'exercer à l'état de mélange, de même manière que l'acide carbonique agit dans l'eau de Seltz ; mais les gaz peuvent aussi être emmagasinés séparément dans une poche souterraine en communication avec la nappe aquifère. Dans la nature, les puits de cette catégorie se rencontrent fréquemment dans les régions dont le sous-sol renferme des huiles ; suivant les cas, ils peuvent fournir du pétrole, des gaz ou de l'eau.

Il est clair que le débit des puits de cette espèce est sujet à diminuer lorsqu'une certaine quantité de gaz s'est échappée, à moins que ce dernier ne se renouvelle d'une façon continue, ce qui est assez rare.

Bien que, à proprement parler, ces puits n'appartiennent pas au

genre de ceux dont nous nous sommes occupés précédemment, ils ont cependant avec eux certains rapports. En effet, les eaux qui circulent dans les profondeurs du sous-sol contiennent généralement une plus ou moins grande quantité d'acide carbonique ou d'autres gaz. Lorsqu'on crée une issue au mélange fluide ainsi formé, une certaine force expansive des gaz se développe et facilite l'ascension des liquides. Si ces gaz viennent à diminuer, le jet artésien lui-même perd de son importance. Néanmoins l'effet produit par les gaz n'est que passager.

2° *Réduction du débit par suite des variations de température de l'eau.* — Une diminution dans le débit du puits peut résulter des variations de température que subit l'eau. Pénétrant dans le sol à la température de la région où elle tombe, l'eau s'échauffe de plus en plus et sort toujours du puits artésien à une température plus élevée de plusieurs degrés que la température de la région. Cette augmentation de température, en rendant la colonne plus légère, favorise le mouvement de l'eau.

3° *Diminution par l'augmentation de l'écoulement latéral.* — Nous avons parlé de la tendance de l'eau à s'échapper à travers les couches supérieures perméables que le forage peut traverser. Il appartient naturellement au sondeur d'empêcher ce fait en descendant des tubes au-dessous de la place où cette couche est traversée ; mais, comme le tubage coûte cher, on ne fait ce travail que jusqu'au point strictement nécessaire. Or, plusieurs couches considérées comme imperméables, permettent un faible écoulement latéral ; c'est ce qu'on remarque pour plusieurs de nos calcaires, par exemple. L'écoulement latéral que ces couches permettent peut être d'abord imperceptible, mais, sous la haute pression, de petits filets d'eau peuvent trouver une issue dans les interstices de la roche et peu à peu, par leur action mécanique et chimique, augmenter les dimensions de ces canaux de façon à déterminer une diminution sensible du débit. Dans plusieurs cas, il y a des centaines de pieds de calcaire qui peuvent être décomposés de cette façon.

D'ailleurs, puisque la poche à graines n'occupe que deux ou trois pieds dans le forage, l'eau, en exerçant sa pression de bas en haut, peut se frayer un chemin autour de cette poche par des passages capillaires d'abord, et augmenter petit à petit les dimensions de ce passage. Il est évident que ces deux causes de diminution du débit peuvent être évitées en descendant le tube et la poche à un niveau inférieur.

4° *Diminution par la fermeture du trou de forage* — C'est un fait bien connu que, sous la grande pression des couches qui les surmontent, les roches stratifiées peuvent glisser vers les ouvertures

pratiquées artificiellement. Une ouverture comme celle d'un puits, avec ses parois concaves et remplies d'une colonne d'eau à une pression égale au tiers ou à la moitié de celle de la roche qui l'encaisse, n'équilibre pas cette action. Quelques couches sont molles et plastiques comme l'argile et les schistes argileux, tandis que d'autres sont mobiles comme le sable et les grès tendres. Des couches de cette nature, où la pression à de grandes profondeurs est considérable, peuvent combler le trou de sonde. Naturellement, le frottement s'opposant au mouvement de l'eau, est augmenté par l'obstruction et tend à diminuer le débit. On peut remédier à un tel accident à l'aide d'une tarière. L'obstruction peut encore être occasionnée par l'accumulation de sables et d'autres matières fines amenées par le courant.

5° *Diminution par suite du défaut dans le tubage.* — Les défauts dans le tubage et dans la place du bourrage peuvent favoriser la diminution du débit. Les tubes en fer se rouillent vite, surtout s'il y a des matières acides dans l'eau. Si la diminution arrive en peu d'années et augmente rapidement, ces défauts doivent en être la cause.

6° *Diminution par suite d'épuisement de la nappe aquifère.* — L'idée trop répandue qu'un réservoir souterrain, quand il a été rencontré par un puits, l'alimente pendant quelque temps, et s'épuise ensuite, peut être facilement réfutée. Un pareil réservoir ne pourra, en vertu des lois hydrostatiques, modifier son état de repos à l'intérieur du sol et parvenir à la surface de celui-ci uniquement par le fait qu'on lui a donné une issue. Si l'eau de ce réservoir communique avec une nappe dont l'origine est à un niveau supérieur, elle peut être soumise à une pression suffisante pour parvenir à la surface et le réservoir ne verra pas son niveau s'abaisser. On peut concevoir que l'effondrement des parois du réservoir seul forcerait l'eau à l'évacuer et donnerait une violente pression. Je ne puis imaginer que cette éventualité pour expliquer la violence du courant pendant un temps très court, suivi d'un ralentissement brusque de celui-ci.

Ce phénomène n'a rien de commun avec celui que l'on observe quand le débit d'une nappe artésienne diminue. Dans ce cas, la diminution du débit ne provient pas du réservoir que l'on s' imagine exister sous le puits, mais bien de l'affleurement supérieur de la couche perméable. Si les précipitations atmosphériques ne sont pas abondantes et si la nappe aquifère n'est pas constamment alimentée, elle disparaîtra graduellement et, par suite, la pression diminuera de plus en plus, ainsi que le courant artésien. L'importance d'un tel courant variera avec la quantité de pluie qui tombe sur la zone perméable et se renouvellera avec le retour de la saison pluvieuse. Une diminu-

tion suivie d'un arrêt persistant de débit indique d'autres causes. Due au manque de précipitations à l'origine de la nappe, la diminution de débit est sans remèdes.

7° *Découverte de la cause de diminution du débit.* — Il résulte de ce qui précède que la manière dont la diminution du débit se produit peut en indiquer la cause. Si on l'attribue à la raréfaction des gaz emmagasinés dans le sol, elle se produira rapidement pendant un certain temps, puis graduellement, suivant que la quantité des gaz aura diminué. Si la dilatation des pores capillaires en est la cause, la diminution commencera tard, augmentera graduellement et le puits finira probablement par tarir complètement.

Si elle provient de la rouille des tubes ou d'une détérioration du tubage, elle ne se fera pas trop sentir d'abord, mais se produira rapidement jusqu'à ce que finalement le jet artésien cesse complètement de se produire. Si elle est amenée par l'obstruction du trou de forage, provenant du glissement des couches ou du remplissage du trou de forage, elle sera lente au début, mais si elle est due à un éboulement, elle sera soudaine. Si elle a pour cause l'épuisement de la nappe, on verra le débit décroître graduellement, et le jet reprendra son importance chaque fois que la pluie sera abondante.

CHAPITRE XVIII

Limites en profondeur.

La vitalité d'une notion fausse est souvent surprenante. Un exemple frappant se trouve très répandu dans la croyance populaire que l'on peut toujours trouver de l'eau en abondance quand on creuse assez profondément le sous-sol. Si nous considérons que la pluie est la source principale de notre alimentation en eau et que les couches deviennent plus compactes avec la profondeur, il semble qu'il y ait lieu d'avoir une opinion contraire. Cela provient de ce que le plus souvent les couches superficielles sont plus ou moins sèches et qu'il est nécessaire de descendre à quelque profondeur pour rencontrer la nappe aquifère. Mais on ne doit pas croire qu'une fois cette nappe atteinte on ait trouvé la zone aquifère la plus abondante. Les couches aquifères deviennent plus compactes en général et peuvent moins facilement recevoir de l'eau. Si nous écartions, en imagination, les couches superficielles relativement sèches, le reste de la terre pourrait être envisagé comme contenant une grande quantité d'eau dans la partie supérieure perméable et en renfermant de moins en moins dans les couches sous-jacentes, parce que celles-ci deviennent de moins

en moins aptes à en contenir. Naturellement, ce n'est pas une loi générale, elle est même sujette à beaucoup de modifications suivant la nature des diverses roches.

Eu égard à cette considération, c'est une folie de forer des puits profonds sans être certain que l'on rencontrera une couche perméable présentant les conditions requises pour obtenir de bons résultats. La chance peut favoriser quelquefois l'ignorance et faire découvrir de l'eau; mais combien de fois le sol a-t-il été percé sans aucun résultat? Avant de faire un forage, une connaissance complète des couches du sous-sol est nécessaire; si cette connaissance peut être obtenue par la méthode des recherches géologiques habituelles, la profondeur du puits sera limitée à celle qui est nécessaire pour atteindre la couche donnant le débit maximum.

Il y a des régions dans lesquelles l'existence d'un puits artésien est si nécessaire qu'on peut, même sans connaissance spéciale du sous-sol, entreprendre un forage, tant il est important d'obtenir un résultat favorable; toutefois on aura soin de considérer préalablement combien le résultat de l'entreprise est incertaine et à quelles dépenses inutiles elle peut entraîner.

L'insuccès aura cependant cette utilité, c'est qu'il nous fera connaître que, dans certaines régions, la succession des couches est si variée, qu'on ne peut leur appliquer la méthode généralement établie pour les recherches. Il y a cependant un principe dont l'application fréquente épargnera bien des dépenses inutiles.

Les roches précambriennes, comme nous l'avons fait observer, ne peuvent donner en Amérique de résultats et ne recouvrent pas de couches renfermant une nappe aquifère. Pour ce motif si, pendant le sondage, ces couches sont atteintes, le travail doit cesser, à moins que des circonstances locales spéciales ne militent en faveur d'une exception à la règle. Une condition concernant cette particularité devrait être insérée dans les contrats, puisque c'est l'intérêt des deux parties. Le sondage est, en effet, dans ce cas très difficile et peu rémunérateur au taux ordinaire où on l'entreprend, surtout qu'il n'y a pas la perspective d'obtenir un bon résultat. Il n'est pas suffisant dans ce contrat d'employer le terme *granit* au lieu de roches pré-cambriennes comme cela se fait quelquefois, puisque les quartzites et les autres roches cristallines non comprises dans la désignation de granit, font néanmoins partie de la série précambrienne, dont le forage est sans profit et pour le propriétaire et pour le sondeur.

CHAPITRE XIX

L'art de sonder.

Ce n'est pas dans un article d'un cadre aussi restreint qu'on peut entreprendre un examen détaillé de l'art du sondeur, des difficultés que l'on peut rencontrer et des moyens ingénieux par lesquels on peut les vaincre, mais un aperçu général ne sera pas sans intérêt; il ouvrira la voie à d'autres sujets dont l'examen s'impose.

1^o *Supériorité des méthodes employées dans les régions pétrolifères.* — Les travaux de sondage entrepris pour la recherche des huiles minérales ont eu une grande influence sur l'art du sondeur. Les innombrables difficultés pratiques que l'on a rencontrées dans ces travaux, ont été en grande partie surmontées et l'enfoncement d'un puits à 1000 à 2000 pieds de profondeur est actuellement un fait de la pratique journalière. C'est dans les régions pétrolifères que les sondeurs ont l'occasion de montrer les plus beaux exemples de leur adresse. Pour avoir un exposé convenable de ces travaux et de leurs développements considérables, je ne puis mieux faire que renvoyer au rapport de J. Carl au sujet des régions pétrolifères de la Pensylvanie. Les instruments employés pour les sondages des puits artésiens ordinaires sont, avec de légères modifications, adoptés dans ces régions pétrolifères.

2^o *Emploi de la sonde diamant.* — Cette sonde se compose d'un tube en fer armé à sa partie inférieure de diamants tranchants et placés de manière à couper la roche par leur mouvement de rotation et à y laisser un noyau cylindrique au centre. Un courant d'eau, amené dans l'intérieur du tube, rejette à l'extérieur les fragments produits par le foret.

Les géologues l'emploieront avec fruit parce que le noyau donne une section complète, avec orientation, des roches traversées.

3^o *Enfoncement du puits.* — Pour forer des puits dans des couches non consolidées, on emploie des instruments moins compliqués et moins chers. L'instrument consiste alors en un tube terminé par une pointe conique; une section de tube étant évidée, on l'enfonce dans la terre à coups de maillet ou de la même façon que l'on procède pour les pilotis, jusqu'à ce que la section évidée touche la couche poreuse. L'eau peut apparaître alors à l'intérieur du tube et s'élève jusqu'à la surface. Ce moyen ne peut s'appliquer qu'aux couches ne présentant pas d'obstacles sérieux à la pénétration. Si quelque obstacle survient

il est aisé, dans une opération aussi simple, de retirer le tube et de recommencer.

4° *Tarières*. — L'emploi des tarières permet de creuser un puits de grandes dimensions, promptement et à bon marché.

5° *Prix des puits*. — La dépense d'un sondage varie avec le caractère des roches, leur profondeur et le coût de la main d'œuvre dans la région où l'on opère. Autant qu'il est à ma connaissance, on n'en change pas le taux pour les différentes espèces de roches sédimentaires, grès, calcaires et schistes. Mais, lorsqu'il s'agit de traverser du granit ou d'autres roches cristallines, le taux est augmenté en conséquence.

Essayer de distinguer entre les calcaires, les grès et les schistes, créerait des difficultés sans fin, puisque les couches passent du calcaire aux autres espèces de roches. Les sondeurs, familiarisés avec la nature des couches de la région, demandent un prix moyen, selon la profondeur à atteindre. On peut avoir une idée approximative de la dépense en comptant de 2 à 3 dollars par pied jusqu'à 1000 pieds et une augmentation d'un 1/2 dollar par pied en plus. A cela il faut ajouter le prix du tubage, qui peut changer avec la situation et la nature de la couche.

CHAPITRE XXI

Rapports des sondeurs.

Les entrepreneurs doivent, au cours des opérations de sondage, dans l'intérêt de la science et de la pratique, tenir un mémoire détaillé des couches rencontrées. Le mémoire ne doit pas relater seulement les épaisseurs des couches, et leur constitution, mais il est nécessaire de conserver des échantillons, qui fournissent des renseignements relatifs à leurs qualités aquifères. Ces divers éléments, qui pourraient paraître sans importance, ont souvent une grande signification quand ils sont interprétés avec soin. Si la sonde-diamant est employée, les carottes fournissent d'elles-mêmes un excellent rapport, si elles sont placées dans leur ordre d'extraction et régulièrement numérotées. Comme les parties meubles sont sujettes à se briser il est nécessaire, lors du forage, de faire des mesurages.

D'après ce qui a été dit, l'importance de savoir où placer la garniture permanente du tube est évidente. Par économie autant que par prudence, elle doit l'être aussi près que possible de la surface, non seulement pour restreindre la dépense du tube, mais aussi pour arriver à réduire les dimensions du trou de forage occasionné par l'introduction

du tube, et diminuer par conséquent l'augmentation du frottement. En même temps, il est nécessaire d'intercepter tous les écoulements latéraux, afin d'obtenir le plus tôt possible un jet artésien. Une connaissance parfaite des couches traversées est le seul moyen efficace d'atteindre ce but. Dès que le tubage accuse quelque défectuosité, en tenir note avec exactitude est un guide précieux pour découvrir la nature et la cause du défaut dont on constate l'effet, et ces renseignements permettent de trouver les moyens d'y porter remède. Aussi les particuliers qui font pratiquer des puits artésiens devront insister sur la nécessité de dresser un mémoire écrit de ce travail ; ils agiront même sagement en l'annexant à leur titre de propriété. Lorsqu'on a recours aux explosifs pour le travail de sondage, il est important d'apprécier les profondeurs auxquelles ces engins seront employés le plus efficacement. C'est ce que feront encore le mieux connaître les mémoires écrits relatifs aux puits pratiqués précédemment dans la même région.

Interprétation des résultats du sondage. — L'inexpérience peut créer certains embarras lorsqu'il s'agit, d'après l'inspection des échantillons recueillis, d'établir la coupe géologique du forage. Le sondeur prudent interprétera les résultats au fur et à mesure de l'avancement du travail ; il importe qu'il ait prévu, dans son contrat d'entreprise, la rencontre d'une couche granitique ou autre, ce qui laisserait peu d'espoir d'atteindre finalement le but poursuivi. En présence de pareille éventualité défavorable, l'intervention d'un géologue déterminera s'il y a lieu de continuer les recherches.

On conçoit combien il est indispensable que les échantillons extraits représentent fidèlement la succession des couches traversées ; sous ce rapport il faudra surtout bien discerner les éléments minéralogiques, correspondant effectivement à la position réelle des roches, de ceux qui pourraient provenir de débris ou éclats précipités au fond du puits par le fait du travail même. Les fragments de roches de quelque dimension présenteront évidemment un caractère de garantie plus sérieux.

Utilité des cartes géologiques et influence du relief du sol. — Les données de la géologie déterminent la série stratigraphique des terrains, de manière à en déduire des probabilités concernant les forages projetés. Dans ce but, il est d'une importance primordiale de consulter ou de dresser une carte géologique de la zone où l'on établit le puits ; la grande utilité d'un pareil document n'est pas discutable.

Les services éminents que peuvent d'ailleurs rendre les cartes géologiques sont d'un ordre multiple ; il est vivement à désirer qu'un travail de l'espèce soit exécuté dans tous les pays. Pour en justifier le but utilitaire, il faut que ces cartes reposent sur des données précises, sur

des observations de faits existants, afin de présenter un intérêt local sérieux, appréciable; il faut, en outre, qu'elles soient établies à une échelle convenable pour en rendre la lecture facile et pour que l'on puisse y donner une représentation détaillée des terrains.

Les considérations que nous avons émises dans le cours de cette étude nous permettent de conclure que les chances de succès sont, en général, les plus grandes dans les régions basses, douteuses pour les terrains d'altitude moyenne, et nulles pour ceux d'un relief prononcé. Il convient donc de se livrer, préalablement à tout forage de puits artésien, à une étude géologique approfondie de la zone où l'on se propose d'opérer.

ÉNUMÉRATION DES FIGURES

	PAGES.
Fig. 1. Coupe d'un courant montrant des courants partiels ascendants malgré le mouvement général du cours d'eau	5
Fig. 2. Profil du courant artésien de Chicago	5
Fig. 3. Coupe idéale montrant les conditions essentielles d'établissement des puits artésiens	5
Fig. 4. Coupe montrant une couche aquifère en biseau, comprise entre deux couches imperméables.	6
Fig. 5. Coupe montrant le passage souterrain, à l'état de dépôt imperméable, d'une couche aquifère	6
Fig. 6. Coupe montrant les allures et les zones d'affleurement des couches successivement perméables et imperméables d'un bassin aquifère	11
Fig. 7. Coupe montrant la manière dont peuvent s'établir, dans les régions d'affleurement, des communications entre des couches aquifères, séparées par des dépôts insuffisamment perméables.	12
Fig. 8. Coupe montrant la manière dont peuvent s'établir, dans les régions profondes, des communications entre des couches aquifères, séparées par des dépôts insuffisamment perméables.	12
Fig. 9. Coupe montrant l'influence favorable sur le débit d'un puits artésien, d'une nappe phréatique élevée, située entre l'origine de la nappe artésienne et le puits.	14
Fig. 10. La même disposition, mise en regard de l'influence défavorable d'une nappe phréatique de basse altitude entre l'origine de la nappe artésienne et le puits	14
Fig. 11. Coupe montrant les conditions dans lesquelles une nappe artésienne peut fournir un jaillissement, malgré la présence d'affleurement de plus bas niveau dans la couche aquifère correspondante	16
Fig. 12. Coupe montrant l'effet de l'épaisseur et de l'inclinaison des couches formant le sous-sol de la région d'infiltration	19
Fig. 13. Coupe montrant l'effet ordinaire de l'érosion de la surface d'une couche poreuse et le contour du bassin qui en résulte	19
Fig. 14. Coupe montrant les avantages d'une inclinaison faible de la couche aquifère	20
Fig. 15 et 16. Dispositions désavantageuses de puits s'alimentant à une même nappe artésienne	30
Fig. 17 et 18. Dispositions avantageuses de puits s'alimentant à une même nappe artésienne	31
Fig. 19. Dispositif dit de la « poche à semences » utilisé pour isoler et apprécier une venue d'eau dans le forage	32
Fig. 20 et 21. Autre dispositif fourni par le gonflement sous pression de rondelles en caoutchouc	33
Fig. 22. Coupe montrant les conditions d'un essai négatif ou faux dans la recherche des venues d'alimentation d'un puits artésien	34
Fig. 23. Coupe montrant les conditions d'un essai imparfait	35
Fig. 24. Coupe montrant les conditions d'un essai amenant une intervention de résultats	36
Fig. 25. Diagramme montrant trois coupes de puits ayant fourni, pour la recherche des veines liquides d'alimentation, un essai correct et deux essais avec résultats non conformes aux réalités	36

TABLE DES MATIÈRES

	PAGES.
INTRODUCTION.	3
CHAP. I. Caractères essentiels des puits artésiens	6
CHAP. II. Les couches aquifères : 1° roches fissurées, présentant des cavités; 2° roches cristallines; 3° roches calcaires; 4° roches poreuses	7
CHAP. III. Couches enveloppes des eaux artésiennes : 1° couche inférieure; 2° couche supérieure	10
CHAP. IV. Inclinaison des couches. — Altitude de l'affleurement de la couche perméable	15
CHAP. V. Le réservoir ou origine de la source.	17
CHAP. VI. Zone d'infiltration des eaux artésiennes. — Effet de l'érosion et de la configuration topographique	19
CHAP. VII. Avantages du peu d'inclinaison de la couche perméable	20
CHAP. VIII. Conditions relatives à l'affleurement de la même	21
CHAP. IX. Précipitations atmosphériques. — Contraste existant entre l'offre et la demande d'eau	22
CHAP. X. Irrigations à l'aide de puits artésiens : 1° répartition du débit; 2° réservoirs supplémentaires; 3° transports avantageux; 4° réutilisation de l'eau	23
CHAP. XI. Relations entre la quantité de pluie mesurée et la capacité de la couche perméable	25
CHAP. XII. Fuite de l'eau à un niveau inférieur à celui du puits	28
CHAP. XIII. Conditions particulières relatives au débit d'un puits artésien. — Moyens d'accroître le débit : a) explosifs; b) augmenta- tion du diamètre du puits; c) comparaison entre l'emploi d'un seul puits de grand diamètre ou de plusieurs puits de dimension moindre; d) répartition des puits	28
CHAP. XIV. Déperdition de l'eau dans les puits : 1° frottement; 2° écoule- ment latéral; 3° captation du courant	31
CHAP. XV. Hauteur du jet artésien : a) sa mesure; b) prévisions relatives à sa hauteur	33
CHAP. XVI. Découverte du courant. — Preuves erronées	34
CHAP. XVII. Influence du temps sur le courant : 1° réduction du débit par suite de la diminution des gaz contenus dans le sous-sol; 2° des variations de température de l'eau; 3° de l'augmen- tation de l'écoulement latéral; 4° de la fermeture du trou de forage; 5° du défaut de tubage; 6° de l'épuisement de la nappe aquifère; 7° découverte de la cause de diminution du débit	37
CHAP. XVIII. Limites en profondeur	40
CHAP. XIX. L'art de sonder	42
CHAP. XX. Rapports des sondeurs	43
ÉNUMÉRATION DES FIGURES.	46

LISTE GÉNÉRALE

Arrêtée le 17 Février 1896

DES MEMBRES

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

FONDÉE A BRUXELLES, LE 17 FÉVRIER 1887 (1)

Membre Protecteur.

Le Bourgmestre de la Ville de Bruxelles.

Membres Honoraires.

- 1 * **Barrois**, Charles, Docteur ès-sciences, maître de conférences à la Faculté des sciences, 37, rue Pascal, à Lille.
- 2 **Bertrand**, C. Eg. Professeur de botanique à la Faculté des sciences, à Lille.
- 3 **Bertrand**, Marcel, Ingénieur en chef des mines, Professeur de géologie à l'École des mines, 101, rue de Rennes, à Paris.
- 4 **Beyrich**, Dr E., Professeur à l'Université, Kurfürstendamm 140, Berlin
- 5 **Bonney**, Rév. Thomas George, Professeur de géologie et de minéralogie à University College, 23, Denning Road, Hampstead. London N. W.
- 6 **Brögger**, W. C., Professeur à l'Université de Christiania,
- 7 * **Capellini**, Giovanni, Commandeur, Professeur de géologie à l'Université, via Zamboni, à Bologne (Italie).
- 8 **Cope**, E.-D., Prof., 2102, Pine Street, à Philadelphie (Pensylvanie).
- 9 **Credner**, Dr Hermann, Directeur du Service royal géologique de Saxe, Professeur à l'Université de Leipzig.
- 10 * **Dames**, Wilhelm, Professeur à l'Université, 11, Joachimsthaler Strasse, à Berlin W.
- 11 **Daubrée**, Aug., Membre de l'Institut, Professeur de géologie au Muséum, 254, boulevard Saint-Germain, à Paris.

(1) Les noms des **fondateurs** se trouvent dans la liste ci-dessous, précédés d'un astérisque. Les noms des *membres à vie* sont précédés de deux astérisques.

- 12 **Dawson**, J.-W., Principal of Mac-Gill College, à Montréal (Canada).
- 13 **Fouqué**, F., Professeur au Collège de France, 23 rue Humboldt, à Paris.
- 14 **Gaudry**, Albert, Membre de l'Institut, Professeur de paléontologie au Museum, 7bis, rue des Saints-Pères, à Paris.
- 15 * **Geikie**, Archibald, LL. D.; F. R. S., Directeur général des services géologiques de Grande-Bretagne et d'Irlande; Museum, 28, Jermyn-Street, London S. W.
- 16 * **Geikie**, James, LL. D.; F. R. S., Professeur de géologie et de minéralogie à l'Université d'Edimbourg, 31, Merchiston Avenue, Edinburgh.
- 17 **Geinitz**, H. B., Conseiller aulique, Directeur au Musée royal minéralogique, à Dresde (Saxe).
- 18 * **Gosselet**, Jules, Professeur de géologie à la Faculté des sciences, 18, rue d'Antin, à Lille.
- 19 **Hall**, James, Géologue de l'État et directeur du Musée national d'histoire naturelle, à Albany (New-York).
- 20 **Hauchecorne**, Directeur du Service de la Carte géologique et de l'École des mines, 44, Invalidenstrasse, à Berlin N.
- 21 **Hauer** (Chevalier Fr. von), Intendant général du Musée I. R. d'Histoire naturelle de la Cour, à Vienne (Autriche).
- 22 **Heim**, Alb., Professeur à l'Université de Zurich, à Hottingen (Zurich),
- 23 **Hughes**, Thomas, Mac Kenny, Professeur de géologie à l'Université, Woodwardian Museum, Trinity College, Cambridge (Angleterre).
- 24 **Issel**, Arthur, Professeur à l'Université, 3, Via Giapollo, à Gênes.
- 25 * **Jones**, T. Rupert, F. R. S., 17, Parson's Green, Fulham, London S. W.
- 26 **Judd**, J. W., Professeur de géologie à l'École royale des mines, London S. W.
- 27 **Koenen** (A. von), Dr, Professeur de géologie et de paléontologie à l'Université de Göttingen.
- 28 **Lapparent** (Albert de), Professeur à l'Université catholique, 3, rue de Tilsitt, à Paris.
- 29 * **Lœwinson-Lessing**, F., Professeur de géologie à l'Université de Dorpat (Russie).
- 30 **Marsh**, O. C., Prof., Yale College, New Haven (Connecticut).
- 31 **Michel Lévy**, A., Ingénieur en chef des mines, 22, rue Spontini, à Paris.
- 32 **Mojsisovics von Mojsvar**, Edmund, Obergrath et Géologue en chef de l'Institut I. R. géologique d'Autriche, 26, Strohgassee, à Vienne.
- 33 **Nikitin**, Serge, Géologue en chef du Comité géologique de Russie, Institut des mines, à Saint-Petersbourg.
- 34 * **Potier**, Alfred, Ingénieur en chef des mines, Professeur à l'École polytechnique de Paris, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris.
- 35 **Prestwich**, Joseph, M. A.; F. R. S., Ancien Professeur de géologie à l'Université d'Oxford, Soreham, près Sevenoaks (Kent).
- 36 * **Renévier**, Eugène, Professeur de géologie à l'Académie, Haute-Combe, Lausanne (Suisse).
- 37 **Richthofen** (Baron von), Professeur de géographie à l'Université de Berlin, 117, Kurfürstenstrasse, à Berlin.
- 38 * **Risler**, Eugène, Directeur de l'Institut agronomique de France, 106bis, rue de Rennes, à Paris.
- 39 * **Rosenbusch**, Dr H., Professeur de géologie à l'Université, à Heidelberg.

- 40 * **Rouville** (A. P. de), Professeur de géologie à la Faculté des sciences de Montpellier (Hérault).
- 41 **Sacco**, Federico, Professeur de paléontologie à l'Université, Palais Carignan, Turin.
- 42 **Sandberger** (Dr Fridolin, von), Professeur de géologie et de minéralogie à Wurtzbourg (Bavière).
- 43 **Suess**, Edouard, Professeur à l'Université, à Vienne.
- 44 **Traquair**, R. H., M. D., LL. D., F. R., S., Conservateur des collections d'histoire naturelle au Museum des Sciences et des Arts, à Edimbourg.
- 45 * **Winkler**, T. C., Docteur en sciences, Conservateur au Musée Teyler, à Harlem.
- 46 **Woodward**, A. S., F. G. S., F. L. S., Conservateur-adjoint du département géologique du British Museum, à Londres.
- 47 **Zirkel**, Prof. Dr F., Professeur de géologie à l'Université, 15, Thalstrasse, à Leipzig.
- 48 * **Zittel** (Karl, von), Docteur en philosophie, Professeur à l'Université Directeur au Musée royal de paléontologie, à Munich.

Membres Associés Étrangers.

- 1 **Bornemann**, J. G., Dr Phil., à Eisenach (Allemagne).
- 2 **Boule**, Marcelin, Docteur ès-sciences, au Laboratoire de paléontologie du Muséum de Paris.
- 3 **Choffat**, Paul, Attaché à la section des travaux géologiques du Portugal 113, rue do Arco a Jesus, à Lisbonne (Portugal).
- 4 * **Dollfus**, Gustave, Président de la Société géologique de France, 45, rue de Chabrol, à Paris.
- 5 * **Dunikowski** (Émile, Chevalier de), Dr Phil., Privatdocent à l'Université de Lemberg (Galicie).
- 6 * **Foresti**, Ludovico, Docteur en médecine, Aide-naturaliste de géologie et de paléontologie au Musée de l'Université, à Bologne (Italie).
- 7 **Golliez**, A., Professeur à l'Université de Lausanne.
- 8 * **Karrer**, Félix, Attaché au Musée I. R. minéralogique de la Cour, à Vienne (Autriche).
- 9 **Lang**, Otto, 2 am Kleine Felde, Hanovre (Allemagne).
- 10 **Lorié**, J., Docteur ès-sciences, Privatdocent à l'Université, 7, Ambachtstraat, à Utrecht (Pays-Bas).
- 11 **Lotti**, Bernardino, Docteur, Ingénieur au Corps des Mines, à Rome.
- 12 **Mayer-Eymar**, Charles, Dr ès-sciences, Professeur de paléontologie à l'Université, à Zurich (Suisse).
- 13 **Meunier**, Stanislas, Professeur de géologie au Muséum d'histoire naturelle, 7, boulevard Saint-Germain, à Paris.
- 14 **Munier-Chalmas**, Professeur de géologie à la Sorbonne, à Paris.
- 15 **Picard**, Karl, Membre de diverses sociétés savantes, Nordhauserstrasse, 2, à Sondershausen (Allemagne).
- 16 **Pohlig**, Dr Hans, Professeur à l'Université de Bonn (Prusse).
- 17 **Stapff**, Frédéric-Maurice, Dr Phil., Ingénieur-Géologue, 3, Berliner Strasse, à Weissensee, près Berlin.

- 18 **Sturtz**, B., Dr du Comptoir minéralogique et paléontologique de Bonn, 2, Riesstrasse, à Bonn.
- 19 **Tachini**, Directeur de l'Observatoire du Collège Romain, à Rome.
- 20 **Taine**, Albert, Pharmacien de 1^{re} classe, 82, rue de Passy, à Paris.
- 21 **Toutkowsky**, Paul, Conservateur du Cabinet minéralogique et géologique de l'Université de Kiew (Russie).
- 22 **Winchel**, Alexandre, L. L. D., Professeur de géologie et de paléontologie à l'Université de Michigan, à Ann Arbor, Michigan (États-Unis d'Amérique).
- 23 **Zervas**, Josef, 20. Vessey street, New-York.

Membres Effectifs.

1^o Membres à perpétuité.

- 1 Administration communale de la **Ville de Bruxelles**.
- 2 Administration communale de la **Ville de Verviers**.
- 3 Maison **Solvay et C^{ie}**, Industriels à Bruxelles.
- 4 Administration communale de la **Ville de Binche**.
- 5 Administration communale de la **Ville de Gand**.
- 6 Société des Travaux d'eau, à Anvers.

2^o Membres effectifs.

- 7 **André**, E., Inspecteur des chemins vicinaux au ministère de l'Intérieur et de l'Instruction publique, 32, rue de Venise, à Ixelles.
- 8 **Annoot**, J.-B., Professeur honoraire à l'Athénée royal de Bruxelles, 74, rue Gallait, à Schaerbeek.
- 9 **Armatschefscki**, Pierre, Professeur à l'Université de Saint-Vladimir, à Kiew (Russie).
- 10 **Arctowski**, H., 42, rue d'Harschamp, à Liège.
- 11 **Aubry**, Camille, 19, rue Tasson-Snel, à Bruxelles.
- 12 **Axer**, A. H., Entrepreneur de puits artésiens, 300, chaussée d'Anvers, à Bruxelles.
- 13 **Baillon**, Jean, Membre de diverses sociétés savantes, 367, chaussée de Courtrai, à Gand.
- 14 **Bayet**, Adrien, Propriétaire, 33, Nouveau Marché-aux-Grains, à Bruxelles.
- 15 **Bayet**, Louis, Ingénieur, à Walcourt.
- 16 * **Béclard**, Ferdinand, Secrétaire de la Direction du Musée royal d'histoire naturelle, 85, avenue d'Auderghem, à Etterbeek (Bruxelles).
- 17 **Belpaire**, F., Rentier, 48, rue Marcgrave, à Anvers.
- 18 **Bennert**, Victor, 95, rue de la Loi, à Bruxelles.
- 19 **Berger**, Louis, Administrateur-Inspecteur général honoraire des ponts et chaussées, 311, rue Rogier, à Bruxelles.
- 20 **Bergeron**, Ingénieur civil, 157, boulevard Haussmann, à Paris.
- 21 **Bernays**, Ed., Avocat, 42, rue Van Eyck, à Anvers.
- 22 **Bernus**, Louis, Propriétaire, 16, rue du Moulin, à Charleroi.

- 23 **Besmes**, Victor, Inspecteur-voyer, 32-34, rue Jourdan, à Saint-Gillès-lèz-Bruxelles.
- 24 * **Blanchart**, Camille, Ingénieur honoraire des mines, 36, rue de Pascale, à Bruxelles.
- 25 * **Blondiaux**, Auguste, à Thy-le-Château (province de Namur).
- 26 **Bockstaël**, Émile, bourgmestre de la commune de Laeken, Conseiller provincial, 274, avenue de la Reine, à Laeken.
- 27 **Botti**, Ulderigo, à Reggio-Calabria (Italie).
- 28 **Bouhy**, Victor, Docteur en droit, 58, rue d'Archis, à Liège.
- 29 **Bourdariat**, Alexandre, à Moirans (Isère), France.
- 30 **Bourgoignie**, Léonce, Ingénieur des ponts et chaussées, 23, Grand'Place, à Termonde.
- 31 **Boussemaer**, Ingénieur, 57, rue Auber, à Lille.
- 32 **Brants**, Ch., Secrétaire communal d'Etterbeek, 5, rue Dekens, à Etterbeek.
- 33 **Brichaux**, A., Chimiste à la Société Solvay, 226, rue de la Victoire, à Bruxelles.
- 34 **Burrows**, Henry William, Architecte, 16, Endymion Road, Brixton Hill, London S. W.
- 35 **Campion**, Maurice, Ingénieur, à Vilvorde.
- 36 * **Carez**, Léon, Docteur-ès-sciences, 18, rue Hamelin, à Paris.
- 37 * **Cauderlier**, Émile, Industriel, 8, rue Crayer, à Bruxelles.
- 38 * **Cauderlier**, Gustave, Ingénieur, Industriel, 221, chaussée de Vleurgat, à Bruxelles.
- 39 **Chomé**, F., Professeur à l'École militaire, 41, avenue de l'Hippodrome, à Ixelles.
- 40 **Cobbaert**, G., 82, rue Longue, à Ostende.
- 41 **Cobbaert**, Louis, Industriel, à Ninove.
- 42 **Cocheteux**, Albert, Ingénieur au chemin de fer de l'État du Chili, par Valparaiso.
- 43 **Cogels**, P., Géologue, au Château de Boeckenberg, à Deurne (Anvers).
- 44 **Collette**, Émile, Conducteur des ponts et chaussées, 79, rue Saint-Martin, à Tournai.
- 45 **Coppe**, Arthur, Ingénieur belge au service du Gouvernement roumain, 13bis, Strada Rozilor, à Bucharest.
- 46 **Cordeweener**, Jules, Ingénieur, 5, rue d'Angleterre, à Bruxelles.
- 47 **Cornet**, J., Docteur en sciences, 1, rue de la Bilogue, Coupure, à Gand.
- 48 **Cossoux**, Léon, Ingénieur civil, Ex-ingénieur du gouvernement russe au Caucase, 28, rue Bériot, à Saint-Josse-ten-Noode.
- 49 * **Cumont**, Georges, Avocat près de la Cour d'appel, 19, rue de l'Aqueduc, à Bruxelles.
- 50 **Cuvelier**, Eugène, Capitaine du Génie, Professeur à l'École militaire, 31, rue de Milan, à Ixelles.
- 51 **Cuylits**, Jean, Docteur en médecine, 44, boulevard de Waterloo, à Bruxelles.
- 52 * **Dagincourt**, Emmanuel, Docteur en médecine, 10, rue Weber, à Paris.
- 53 **Daimerries**, A., Professeur à l'Université, 4, rue Royale, à Bruxelles.
- 54 **Dapsens**, Directeur, Propriétaire de carrières, à Yvoir-lez-Dinant.
- 55 * **Dathe**, Ernst, Dr Phil., Géologue du Service royal géologique de Prusse, 44, Invalidenstrasse, à Berlin N.

- 56 **d'Ault-Dumesnil**, 1, rue de l'Eauette, à Abbeville (Somme).
- 57 * **Dautzenberg**, Philippe, Paléontologue, 213, rue de l'Université, à Paris.
- 58 **De Bauve**, Ingénieur en chef des ponts et chaussées du département de l'Oise, à Beauvais (France).
- 59 **De Busschere**, A., Conseiller à la Cour d'appel, 82, rue Mercelis, à Ixelles.
- 60 **De Busschere**, Louis, Ingénieur en chef aux chemins de fer de l'État, 25, rue du Marteau, à Bruxelles.
- 61 **De Keyser**, J. R., Conseiller provincial et communal, à Renaix.
- 62 **Delhaye**, Employé, 2, rue Pletinckx, à Bruxelles.
- 63 **Delheid**, Ed., 71, rue Veydt, à Ixelles.
- 64 * **Delecourt-Wincqz**, Jules, Ingénieur-Conseil de la Compagnie Internationale de recherches de mines et d'entreprises de sondages, 16, rue de la Pépinière, à Bruxelles.
- 65 **Delobe**, André, Pharmacien, à Tournai.
- 66 **Demeuninck**, Pharmacien, à Tournai.
- 67 **De Naeyer**, Industriel, à Willebroeck (Brabant).
- 68 **Denys**, Ernest, Ingénieur, D^r de la Soc. anonyme des Phosphates du Bois d'Havré, à Havré, près Mons.
- 69 **De Schryver**, Ferdinand, Ingénieur principal des ponts et chaussées, 29, rue du Prince royal, à Ixelles.
- 70 **de Visscher**, J., Ingénieur agricole, 128, rue Berckmans, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.
- 71 **Dethy**, Théophile, Ingénieur des ponts et chaussées, 48, rue du Pepin, à Namur.
- 72 **Dewilde**, Prosper, Professeur de chimie à l'Université, 339, avenue Louise, à Bruxelles.
- 73 **Dewindt**, Préparateur au Laboratoire de minéralogie de l'Université de Gand, rue Roger, à Gand.
- 74 **D'Hondt**, F., Directeur du Laboratoire agricole et industriel, à Courtrai.
- 75 **Dokoutchaieff**, B., Professeur de Minéralogie à l'Université de Saint-Petersbourg.
- 76 * **Dollo**, Louis, Ingénieur civil, Conservateur au Musée royal d'histoire naturelle, 31, rue Vautier, à Bruxelles.
- 77 **Donkier de Donceel**, à Vaux sous-Chèvremont.
- 78 **Dormal**, Victor, docteur en sciences naturelles, Professeur à l'Athénée, Secrétaire général de la Société géol. du Luxembourg, 66, rue du Gouvernement à Arlon.
- 79 * **Dotremont**, Victor, Sondeur, à Hougaerde, près Tirlemont.
- 80 **Douvillé**, Henri, Ingénieur en chef des mines, Professeur de Paléontologie à l'Ecole des mines, 207, boulevard Saint-Germain, à Paris.
- 81 **Dubois**, J.-B., Chanoine, rue des Jésuites, à Tournai.
- 82 ** **Dupont**, Édouard, Directeur du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, à Bruxelles.
- 83 * **Duraffour**, Ferdinand, Entrepreneur de sondages, à Tournai.
- 84 **Dutertre**, Émile, Docteur en médecine, 6, rue de la Coupe, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais), France.
- 85 **Erens**, Alphonse, docteur en sciences naturelles, Villa Strabbeek à Houthem, près Fauquemont (Limbourg Hollandais).
- 86 * **Fagès**, Gustave, Agent général des mines de Bernissart, 79, rue de Roucourt, à Péruwelz (Hainaut).

- 87 * **Falk-Fabian**, Théodore, Directeur de l'Institut national de géographie, 20, rue des Paroissiens, à Bruxelles.
- 88 * **Félix**, J., Docteur en médecine, 10, rue Marie-de-Bourgogne, à Bruxelles.
- 89 * **Fendius**, Émile, Ingénieur en chef des ponts et chaussées, à Liège.
- 90 **Fisch**, A., 70, rue de la Madeleine, à Bruxelles.
- 91 * **Fornasini**, Carlo, Docteur en sciences, via della Lame. 24, à Bologne (Italie).
- 92 * **François**, Christophe, Ingénieur, 50, rue d'Orléans, à Bruxelles.
- 93 * **Friedrichs**, H., 4, rue de Naples, à Ixelles (Bruxelles).
- 94 * **Friren**, Auguste, Professeur au Petit Séminaire, à Montigny-lez-Metz (Alsace-Lorraine).
- 95 **Geets**, Ingénieur, à Saint-Nicolas (Waes).
- 96 **Gevers**, J. Ingénieur agricole, au château de Missenbourg, par Edegheem.
- 97 * **Ghesquiére**, Paul, Officier d'État-major en retraite, 33. chaussée de la Hulpe, à Boitsfort.
- 98 **Ghislain**, Philibert, Ingénieur en chef, Directeur de service aux chemins de fer de l'État, à Tournai.
- 99 ** **Gibbs**, William, B., Membre de diverses sociétés savantes, Thornton, Beulah Hill, Upper Norwood, à Londres.
- 100 **Gilbert**, Théod., A. F., Docteur en médecine, 26, avenue Louise, à Bruxelles.
- 101 **Gilson**, Professeur à l'Université de Louvain, 95, rue de Namur, à Louvain.
- 102 **Giuliani**, V., 39, Fontanka, à Saint-Petersbourg.
- 103 **Goblet d'Alviella** (comte Eugène), Propriétaire, au château de Court-Saint-Étienne et 10 rue Faider, à Bruxelles.
- 104 **Goffart**, J.-L., Lithographe, 181, rue du Progrès, à Bruxelles.
- 105 **Goffinet**, Th., Conducteur provincial, Commissaire-voyer, à Braine-l'Alleud.
- 106 **Goldschmidt**, Paul, Ingénieur, 17, rue des Deux-Églises, à Bruxelles.
- 107 ** **Gottsche**, Karl., Docteur en philosophie, Conservateur au Muséum d'histoire naturelle, à Hambourg.
- 108 **Gourret**, Paul, Docteur ès-sciences, Professeur suppléant à l'École de plein exercice de médecine de Marseille, 15, rue du Village, à Marseille.
- 109 **Grossouvre (de)**, A., Ingénieur en chef des mines, à Bourges (France).
- 110 * **Habets**, Alfred, Ingénieur, Professeur à l'Université, 3, rue Paul Devaux, à Liège.
- 111 * **Hagenbeck**, Richard, Entrepreneur de puits artésiens, 313, chaussée d'Anvers, à Bruxelles-Nord.
- 112 **Hainaut**, Edgar, Ingénieur des ponts et chaussées, 8, Grand'Place, à Tournai.
- 113 **Hannon**, Ed., Ingénieur, rue de la Concorde, 43, à Ixelles, lez-Bruxelles.
- 114 **Hanuise**, Édouard, Chimiste, 54, rue Hôtel des Monnaies, à Bruxelles.
- 115 **Hankar**, Albert, Capitaine d'État-major, 51, chaussée d'Haecht, à Saint-Josse-ten-Noode (Bruxelles).
- 116 **Hankar**, P., Architecte, 63, rue De Facqz, à Bruxelles.
- 117 **Hanrez**, Prosper, Ingénieur, 190, chaussée de Charleroi, à Bruxelles.
- 118 **Hans**, J., Ingénieur civil, 101, rue du Commerce, à Bruxelles.
- 119 **Hardenpont**, L., Sénateur, rue du Mont de Piété, à Mons.

- 120 **Harmer**, D^r, Oakland House, Cringleford, près Norwich.
- 121 * **Harris**, Georges, F., 23, S^t Saviour's Road, Brixton Hill, London S. W.
- 122 **Hassenpflug**, D^r Phil., Chimiste à Flers, près Croix-Wasquehal, France (Nord).
- 123 **Henricot**, Émile, Industriel, ancien Représentant, à Court-Saint-Étienne.
- 124 **Henroz**, Camille, Directeur des manufactures de glaces, à Jambes (Namur).
- 125 **Hermans**, Jean-Baptiste, Ingénieur aux chemins de fer de l'État belge, 4, rue de la Prévôté, à Bruxelles.
- 126 **Heymans**, Léon, Géomètre-Juré, Conducteur de travaux, à Rebecq-Rognon.
- 127 **Holzapfel**, Docteur Édouard, Professeur à l'École technique supérieure, 7, Templergraben, à Aix-la-Chapelle.
- 128 ** **Houzeau de Lehaie**, Auguste, ancien Représentant, à Hyon, près Mons.
- 129 * **Hovelacque**, Maurice, Docteur en sciences, 1, rue Castiglione, à Paris.
- 130 * **Idiers**, Fernand, Industriel, à Auderghem.
- 131 * **Inostranzeff**, A., Conseiller d'État, Professeur de géologie à l'Université de Saint-Petersbourg.
- 132 **Isbecque**, Alfred, Ingénieur principal des chemins de fer de l'État, à Tournai.
- 133 * **Jacques**, Victor, Docteur en médecine, Secrétaire général de la Société d'Anthropologie de Bruxelles, 36, rue de Ruysbroeck, à Bruxelles.
- 134 **Janet**, Charles, Ingénieur des Arts et Manufactures, à Beauvais (France).
- 135 **Janet**, Léon, Ingénieur au Corps des Mines, 85, rue d'Assas, à Paris.
- 136 **Janson**, Paul, Avocat, Sénateur, 260, rue Royale, à Schaerbeek.
- 137 **Johnston-Lavis**, H.-J. — M; D. M. R. C. S. Prof. agrégé, Univ. R. de Naples, Beaulieu (Alpes-Marit.) (*hiver*); Harrogate Yorks. England. (*été*).
- 138 **Johnstrup**, F., Professeur de géologie à l'Université, à Copenhague (Danemarck).
- 139 **Jorissenne**, Gustave, D^r, 130, boulevard de la Sauvenière, à Liège.
- 140 **Jottrand**, Gustave, Avocat, ancien Représentant, 39, rue de la Régence, à Bruxelles.
- 141 **Kerckhove (de)**, Oswald, ancien Représentant, 5, rue Digue de Brabant, Gand.
- 142 **King**, William, D^r Sc., Directeur du service géologique des Indes, à Calcutta.
- 143 **Klement**, C., D^r Phil., Aide-naturaliste au Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, rue Van den Broeck, à Ixelles.
- 144 * **Koch**, D^r Phil., Géologue du service royal géologique de Prusse, 44, Invalidenstrasse, à Berlin N.
- 145 * **Koken**, Ernest, D^r Phil., Professeur de géologie à l'Université, Königsberg.
- 146 * **Kuborn**, Hyacinthe, D. M., membre titulaire Acad. R. médéc., Prof., d'hygiène École norm., Président de la Société de médecine publique, 33, rue de Colard, à Seraing.
- 147 **Lafitte**, J., Ingénieur, Maître de Carrières, à Fourmies (Nord).
- 148 **Labaye**, Charles, Ingénieur en chef, Directeur des ponts et chaussées, 34, rue de Pascale, à Bruxelles.
- 149 **Lambert**, Guillaume, Ingénieur, 41, boulevard Bischoffsheim, à Bruxelles

- 150 **Lancaster**, Albert, Membre de l'Académie roy. des sciences Météorologiste inspecteur de l'Observatoire royal, 263, avenue Brugman, à Uccle.
- 151 **Lanin**, Nicolas Petrowitch, Rédacteur du *Courrier Russe*, Pont Moskouwsky, à Moscou.
- 152 * **Lang**, Arthur, Industriel, 57, chaussée de Mons, à Cureghem, lez-Bruxelles.
- 153 **Latinis**, Léon, Ingénieur expert, à Seneffe.
- 154 **Lechien**, Adolphe, Ingénieur aux chemins de fer de l'État belge, 20, rue de l'Hôtel de Ville, à Arlon.
- 155 **Lefèvre**, Émile, Lieutenant du Génie. Répétiteur à l'École militaire, 166, avenue d'Auderghem, à Etterbeek-lez-Bruxelles.
- 156 * **Legrand**, François, Entrepreneur de travaux de mines, chaussée de Zwynaarde. 1, à Gand.
- 157 ** **Le Marchand**, Augustin, Ingénieur, 2, rue Traversière, aux Chartreux, à Petit-Quévilly (Seine-Inférieure, (France).
- 158 * **Lemonnier**, Alfred, Ingénieur, 60, boulevard d'Anderlecht, Bruxelles.
- 159 **Lentz**, Docteur, Directeur de l'Asile des aliénés de l'État, à Tournai.
- 160 **Lentz**, Ch., Ingénieur aux chemins de fer de Roumanie, à Bucharest.
- 161 **Lindner**, Otto, Ingénieur, 148, rue de Mérode, à Saint-Gilles.
- 162 **Lippmann**, Édouard, Entrepreneur de puits artésiens et sondages, 36, rue de Chabrol, à Paris.
- 163 **L'Olivier**, H., 25, rue des Quatre Vents, à Molenbeek-Saint-Jean.
- 164 * **Lonquétty**, Maurice, Ingénieur civil des mines, 17, rue Saint-Jean, à Boulogne-sur-Mer.
- 165 **Looz-Corzwarem** (Comte H. de), Bourgmestre de Buvrinnes (Hainaut).
- 166 **Losseau**, Léon, Chimiste de la fabrique de Bougies De Roubaix, Oedenkoven, 2, rue Appelmans, à Anvers.
- 167 **Lundgren**, Bernard, Professeur de géologie à l'Université, à Lund (Suède).
- 168 **Lyon**, Clément, Homme de Lettres, rue de Montigny, à Charleroi.
- 169 **Macpherson**, Joseph, Géologue, 4, Calle de Exposicion, Barrio de Monasterio, à Madrid.
- 170 **Margerie** (Emmanuel de), 132, rue de Grenelle, à Paris.
- 171 **Masseau**, Junius, Ingénieur principal des ponts et chaussées, Professeur à l'Université, 23, rue de Marnix, à Gand.
- 172 **Masson**, Ch., Directeur du Laboratoire d'analyses de l'État, à Gembloux.
- 173 **Masson**, Edmond, Ingénieur, 97, rue Royale, à Bruxelles.
- 174 **Maurer**, R., Friedrich, Paléontologue, Heinrichstrasse, 169, à Darmstadt.
- 175 **Mesens**, Ed., Bourgmestre d'Etterbeek, 69, rue des Rentiers, à Etterbeek (Bruxelles).
- 176 **Mesnil** (baron Oscar de), Conseiller communal, à Spa.
- 177 **Mestreit**, Gabriel, Ingénieur honoraire des mines, 51, Calle 25 de Mayo, à Buenos-Ayres (Républ. Argentine).
- 178 * **Michelet**, Gustave, Ingénieur, Administrateur délégué de la Société des Tramways Bruxellois, 6, rue de Pascale, à Bruxelles.
- 179 **Mieg**, Mathieu, Rentier, 48, avenue de Modenheim, à Mulhouse (Alsace).
- 180 **Moens**, Jean, F. J., à Lede, près Alost.
- 181 **Molengraff**, G. A. F. (D^r), Privat Docent à l'Université, 394, 1^{ste} Pachtstraat, à Amsterdam.

- 182 **Molino Foti**, Ludovico, Ingénieur du Bureau technique, à Messine (Sicile).
- 183 **Monnoyer**, Léon, Conseiller provincial, Président de la Chambre syndicale des matériaux de construction, 252, avenue Louise, à Bruxelles.
- 184 **Monthaye**, Capitaine d'état-major au ministère de la guerre, à Bruxelles.
- 185 **Morin**, Pierre, Ingénieur à Sangatte (Pas-de-Calais).
- 186 * **Moulan**, C. T., Ingénieur, 266, avenue de la Reine, à Laeken.
- 187 * **Munck** (Émile de), artiste peintre, membre de diverses sociétés savantes, à Havré, près Mons, et 27, boulevard d'Anvers, à Bruxelles.
- 188 **Navez**, L., Homme de Lettres, 158, chaussée d'Haecht, à Bruxelles.
- 189 **Nicolis**, Enrico (Chevalier), Corte Quaranto, à Vérone.
- 190 ** **Noetling**, Fritz, Docteur en Philosophie, Paléontologue du service géologique des Indes, 24, Bavarian Ring, à Munich (Bavière).
- 191 **Nowé**, J.-B., Brasseur, Échevin de la commune de Vilvorde, 8, rue du Curé, à Vilvorde.
- 192 **Nowicki**, Ignace, Ingénieur, à Lipowetz, Gouv^t de Kiëff (Russie).
- 193 **Oebbecke**, C., Professeur au Laboratoire minéralogique et géologique de l'École technique des Hautes Études, à Munich.
- 194 **Omboni**, Giovanni, Professeur de géologie à l'Université de Padoue (Italie).
- 195 * **Passelecq**, Albert, Ingénieur, Directeur du Charbonnage du Midi de Mons, à Cyply (Hainaut).
- 196 **Paquet**, Commandant, 92, chaussée de Forest, à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
- 197 **Paulin-Arrault**, A., Ingénieur, 69, rue Rochechouart, à Paris.
- 198 **Paulin Brasseur**, Industriel, à Couillet (Hainaut).
- 199 * **Pelseneer**, Paul, Docteur en sciences, Professeur à l'École Normale, 53, boulevard Léopold, à Gand.
- 200 * **Pergens**, Édouard, Docteur en sciences, 124, rue Royale, à Bruxelles.
- 201 **Perrin Fils**, Instituteur, Paléontologue, à Bollène, Vaucluse (France).
- 202 * **Petermann**, Arthur, Docteur en sciences, Directeur de la station agronomique de l'État, à Gembloux.
- 203 **Pieret**, Victor, Ingénieur en chef provincial du Brabant, 52, rue Joseph II, à Bruxelles.
- 204 * **Pierre**, Gustave, Industriel, 7, rue de Ruysbroeck, à Bruxelles.
- 205 * **Piret**, Adolphe, Directeur du Comptoir belge de géologie et de minéralogie, Palais Saint-Jacques, à Tournai.
- 206 **Plumat**, Polycarpe, Ingénieur au Grand-Hornu, à Hornu.
- 207 **Portis**, Alessandro, Professeur de géologie et de paléontologie à l'Université de Rome, 20, Via Gioberti, à Rome.
- 208 **Poskin**, Achille (Dr), 8, rue Léopold, à Spa.
- 209 **Proost**, A., Directeur général de l'Agriculture, 16, rue Anoul, à Bruxelles et à Cérœux Mousty par Ottignies.
- 210 **Prosorowski-Galitzin** (Prince), Conservateur au Musée géologique, Maître de cérémonies de S. M. l'Empereur de Russie, 75, Mayka, à Saint-Petersbourg.
- 211 * **Purves**, John, Docteur en médecine, Conservateur au Musée royal d'histoire naturelle, 86, chaussée de Vleurgat, à Bruxelles.
- 212 * **Puttemans**, Charles, Professeur de Chimie à l'École industrielle, 59, rue du Moulin, à Saint-Josse-ten-Noode, lez-Bruxelles.
- 213 **Putzeys**, Ingénieur des travaux de la Ville, 19, rue des Cultes, à Bruxelles.

- 214 **Rabozée**, H., Lieutenant du Génie, 18, rue du Conseil, à Ixelles.
- 215 **Regnier-Piedbœuf**, J. H., 34, rue Frère-Orban, à Liège.
- 216 ** **Reid**, Clément, F. G. S., Attaché au service géologique de la Grande-Bretagne, 26, Jermyn-Street, London S. W.
- 217 * **Renard**, Alphonse, LL. D. Conservateur honoraire au Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles, Professeur à l'Université de Gand, à Wetteren, près Gand.
- 218 **Ricard**, Samuel, Licencié ès-sciences, 2, rue Évrard de Foulloy, à Amiens (Somme).
- 219 **Richald**, Joseph, Ingénieur des ponts et chaussées, 38, rue de Communes, à Bruxelles.
- 220 **Rolland**, Émile, Industriel, 39, rue André Masquelier, à Mons.
- 221 **Rome**, Docteur T., 14, rue Vautier, à Ixelles.
- 222 ** **Rutot**, Aimé, Géologue, Conservateur au Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, 177, rue de la Loi, à Bruxelles.
- 223 **Schoor**, W. K. J., Docteur, à Meppel, Prov. Drenthe (Hollande).
- 224 * **Schrevens**, Docteur en médecine, à Tournai.
- 225 **Schroeder van der Kolk**, Docteur J. L. C., Privat-Docent à l'Université de Leide, à Deventer.
- 226 **Sély Longchamps** (Baron Edm. de), Sénateur, 34, boulevard de la Sauvenière, à Liège.
- 227 ** **Sély Longchamps** (Walter de), Sénateur, Docteur en droit, à Halloy (Ciney).
- 228 * **Semet-Solvay**, Louis, Ingénieur, 217, chaussée de Vleurgat, à Ixelles, lez-Bruxelles.
- 229 * **Semper**, J. Otto, au Musée d'Histoire naturelle de Hambourg.
- 230 **Senzeilles** (Baron de), au Château de Clairfayt, par Anthée, et 59, rue de Namur, à Bruxelles.
- 231 **Seulen**, F., Ingénieur, Chef de section aux chemins de fer de l'État, à Bruxelles-Nord.
- 232 **Severyns**, G., Industriel, 197, rue des Palais, à Bruxelles.
- 233 **Slaghmuylder**, Charles, Ingénieur aux chemins de fer de l'État, 51, rue Saint-Bernard, à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
- 234 **Smets**, G. (l'Abbé), Professeur au Collège Saint-Joseph, à Hasselt.
- 235 **Smith**, Alberto Ricardo, D^r, Ingénieur civil, 7 avenue Ouest, à Caracas (Venezuela).
- 236 * **Solvay**, Ernest, Industriel, rue des Champs-Élysées, 45, à Ixelles, lez-Bruxelles.
- 237 * **Sonveaux**, Nestor-Vincent, Ingénieur, Géomètre expert, 16, rue des Tonneliers, à Charleroi.
- 238 **Spyers**, Docteur A., 84, rue Bréderode, à Anvers.
- 239 **Squibin**, Henri, Ingénieur, 8, avenue des Arts, à Anvers.
- 240 **Stainier**, X., Professeur à l'Institut agricole, rue Pierquin, à Gembloux.
- 241 **Stefanescu**, Gregoriu, Professeur de géologie à l'Université, Directeur du Bureau géologique, 8, Strada Verde, à Bucharest.
- 242 **Steurs**, A., Président de la Compagnie intercommunale des eaux et Bourgmestre de Saint-Josse-ten-Noode.
- 243 * **Storms**, Raymond, membre de diverses sociétés savantes, au Château de Oirbeek, près Tirlemont.

- 244 **Stuer**, Alexandre, Directeur du Comptoir de géologie et de paléontologie, 40, rue des Mathurins, à Paris.
- 245 **Szajnocha**, Ladislas, Professeur à l'Université de Cracovie.
- 246 **Tackels**, Capitaine, 21, Square Marie-Louise, à Bruxelles.
- 247 **Tacquenier**, Alexandre, Adm^r dél. des Carrières Tacquenier, à Lessines.
- 248 **Tanaka**, Akamaro, Étudiant, 20, rue de l'Ascension, à Schaerbeek.
- 249 **Tedesco**, E. Chef d'État-major de la position de Liège, 17, rue Hulos, à Liège.
- 250 **Tempels**, P., Auditeur général de la Cour militaire, 2, avenue Louise, à Bruxelles.
- 251 **Terlinden**, Sénateur, 259, rue Royale à Bruxelles.
- 252 * **Tiberghien**, Lucien, Docteur en médecine, secrétaire-adjoint de la Société d'Anthropologie de Bruxelles, 15, rue des Cultes, à Bruxelles.
- 253 **Tihon**, Dr, à Theux.
- 254 **Timmerhans**, L., Inspecteur général au Corps des mines, 13, rue Nysten, à Liège.
- 255 **Tournai** (Administration Communale de la Ville de).
- 256 **Trabucco**, Giacomo, Professeur d'Histoire naturelle à l'Institut technique de Piacenza (Italie).
- 257 **Ulens**, J. Léon, Ingénieur, 121, rue du Trône, à Bruxelles.
- 258 **Urban**, Ad., Dr de la Comp. des Carrières de Quenast, 17, place de l'Industrie à Bruxelles.
- 259 **Van Bellingen**, Constant, Ingénieur, 133, rue de la Source, à Bruxelles.
- 260 **Van Bogaert**, Clément, Ingénieur des chemins de fer de l'État, rue Dodoens à Borgerhout, lez-Anvers.
- 261 **Van Calcker**, Dr F. J. P., Professeur à l'Université, à Groningue (Pays-Bas).
- 262 **Van Cappelle**, Herman, Professeur de sciences naturelles à l'École supérieure et au Lycée de Sneek (Pays-Bas).
- 263 **Van Dam**, Ed., Étudiant, 138, avenue Louise, à Bruxelles.
- 264 **Van den Bossche**, Dr, avenue du Marteau, à Spa.
- 265 ** **Van den Broeck**, Ernest, Géologue, Conservateur au Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, 39, place de l'Industrie, à Bruxelles.
- 266 **Vandenperre**, Directeur-gérant des brasseries Artois, à Louvain.
- 267 **Van den Steen de Jehay** (Comte F.), 13, rue de la Loi, à Bruxelles.
- 268 **Van der Bruggen**, Louis, Paléontologue, Membre de diverses sociétés savantes, 109, rue Belliard, à Bruxelles.
- 269 **Vander Kindere**, Léon, Professeur à l'Université libre de Bruxelles, à Uccle.
- 270 **Vanderschueren**, Pierre, Ingénieur des ponts et chaussées, à Ostende.
- 271 **Van Hoegaerden**, Ferd., 129, rue Stassart, à Ixelles.
- 272 **Van Hoegaerden**, Paul, Conseiller provincial, 7, boulevard d'Avroy, à Liège.
- 273 **Van Meurs**, Ingénieur en chef des Travaux de la Ville de Mons, rue des Grceilles, à Mons.
- 274 **Van Overloop**, Eugène, Membre du Conseil de surveillance du Musée R. d'Histoire Naturelle, 152, rue Royale, à Bruxelles.
- 275 * **Van Scherpenzeel-Thim**, Jules, Ingénieur en chef, Directeur général honoraire des mines, 34, rue Nysten, à Liège.
- 276 **Van Ysendyck**, Paul, Ingénieur, 109, rue Berckmans, à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.

- 277 * **Vasseur**, Gaston, D^r ès-sciences, 110, boulevard Longchamps, à Marseille.
- 278 * **Vélain**, Charles, Maître de conférences à la Sorbonne, 9, rue Thénard, à Paris.
- 279 * **Verstraeten**, Théodore, Directeur général de la Compagnie générale pour l'éclairage et le chauffage au gaz, 28, rue Marie de Bourgogne, à Bruxelles.
- 280 **Venukoff**, Paul, Docteur, Privat-Doctent de paléontologie à l'Université de St-Petersbourg, au Musée géologique de l'Université, à St-Petersbourg.
- 281 **Vogelaere**, P., Inspecteur principal aux chemins de fer de l'État, 13, rue Botanique, à Bruxelles.
- 282 **Walín**, Ed., Ingénieur des ponts et chaussées, 83, rue des Deux-Tours, à Bruxelles.
- 283 **Wauters**, J., Chimiste de la Ville, 83, rue Souveraine, à Ixelles.
- 284 **Wichmann**, Arthur, D^r Phil., Professeur à l'Université, à Utrecht (Hollande).
- 285 **Wielemans-Ceuppens**, Industriel, 78, avenue du Midi, à Bruxelles.
- 286 **Wiener**, L. Étudiant, 71, rue de la Loi, à Bruxelles.
- 287 **Wiener**, Sam., Avocat, Conseiller provincial du Brabant, 9, avenue de l'Astronomie, à Bruxelles.
- 288 **Willems**, J., Capitaine du Génie, 25, rue Breughel, à Anvers.
- 289 * **Wittouck**, Paul, Industriel, 20, avenue de la Toison d'Or, à Bruxelles.
- 290 * **Zboinski**, Major d'artillerie en retraite, Ingénieur-conseil, 56, rue Lafayette, à Paris.
- 291 * **Zlatarski**, Georges, Géologue et Minéralogiste de la Principauté bulgare, à Sofia (Bulgarie).
- 292 **Zurcher**, Philippe, E. Frédéric, Ingénieur en chef des ponts et chaussées, 85, boulevard Sainte-Hélène, Mourillon, à Toulon (France).

Membres Associés Régnicoles.

- 1 **Anten**, Joseph, Ingénieur des ponts et chaussées, à Hasselt.
- 2 **Avanzo**, Stephano, rue d'Aremberg, 44, à Bruxelles.
- 3 **Bastin**, Ch., Ingénieur aux chemins de fer de l'État, à Bruxelles (Midi).
- 4 **Bayet**, Alphonse, Étudiant, 33, Nouveau Marché-aux-Grains, à Bruxelles.
- 5 **Bommer**, Ch., Attaché au Jardin botanique de l'État, 19, rue des Petits-Carmes, à Bruxelles.
- 6 **Bosmans**, Jules, 3, place du Champ de Mars, à Ixelles (Bruxelles).
- 7 **Bougard**, Charles, Négociant en matières premières industrielles, 7, rue de la Rivière, à Bruxelles.
- 8 **Bruneel**, Frédéric, Ingénieur aux chemins de fer de l'État, Gare du Nord, à Bruxelles.
- 9 **Coomans**, L., Propriétaire, 3, rue des Briggittines, à Bruxelles.
- 10 **Dassesse**, Charles, Ingénieur aux chemins de fer de l'État, 87, rue Ducale, à Bruxelles.
- 11 **Daumers**, Th., Instituteur, 15, rue de la Bigorne, à Bruxelles.
- 12 **Dauphin**, G., Chef de bureau au Ministère des chemins de fer, etc., 44, rue Vonck, à Schaerbeek.
- 13 **Deblon**, A., Ingénieur de la Compagnie intercommunale des eaux, 7, rue de la Ruche, à Bruxelles.

- 14 **De Bullemont**, Emm., 39, rue de l'Arbre bénit, à Bruxelles.
- 15 **Delville**, Édouard, Chimiste, rue de Monnel, à Tournai.
- 16 **Dufief**, J., Professeur honoraire de géographie à l'Athénée royal de Bruxelles, Secrétaire général de la Société Royale belge de géographie de Bruxelles, 116, rue de la Limite, à Saint-Josse-ten-Noode.
- 17 **Dufourny**, Ingénieur princ. des ponts et chaussées, 104, rue de la Limite, à Saint-Josse-ten-Noode.
- 18 **Flamache**, Armand, Ingénieur aux chemins de fer de l'État belge, Chargé de Cours à l'Université de Gand, 20, rue Stévin, à Bruxelles.
- 19 **Gobert**, Auguste, Ingénieur, 222, chaussée de Charleroi, à Saint-Gilles.
- 20 **Grange**, Camille, Chef de section aux chemins de fer de l'État, 17, rue de l'Esplanade, à Bruxelles.
- 21 **Hanrez**, Georges, Étudiant, 190, chaussée de Charleroi, à Bruxelles.
- 22 **Hauwaert**, M., Architecte, rue des Moulins, à Vilvorde.
- 23 **Hegenscheid**, Alfred, Instituteur à l'école moyenne B. de Bruxelles, 30, rue Gauthier, à Molenbeek-Saint-Jean.
- 24 **Houzeau**, A., fils, à Hyon, près Mons.
- 25 **Lambin**, Ingénieur des ponts et chaussées, 6, rue Sans-Souci, à Ixelles.
- 26 **Lara** (Alfred de), Ingénieur civil, à Raisnes (Nord).
- 27 **Loë** (Baron Alfred de), Secrétaire de la Société d'Archéologie, rue de Londres, à Ixelles.
- 28 **Loppens**, Ingénieur honoraire des ponts et chaussées, à Neerpelt.
- 29 **Lucion**, René, Docteur en sciences, 76, rue Maes, à Ixelles.
- 30 **Malvaux**, Alfred, Héliographe, 43, rue de Launoy, à Molenbeek-St-Jean, lez-Bruxelles.
- 31 **Nizet**, Isidore, 43, rue de l'Orme, à Eterbeek.
- 32 **Noulet**, Édouard, Industriel, à Bracquignies (Hainaut).
- 33 **Pavoux**, Eugène, Industriel, 14, rue de Launoy, à Bruxelles.
- 34 **Petit**, Julien, Peintre-Décorateur, 15, rue de Berlin, à Ixelles.
- 35 **Ryckx**, Jules, Ingénieur en chef, Directeur des ponts et chaussées 150, chaussée de Charleroi, à Bruxelles, ou Deeweg, à Uccle.
- 36 **Schweisthal**, Richard, Traducteur à l'Agence-Havas, 16, boulevard du Nord à Bruxelles.
- 37 **Thomas**, Émile, Ingénieur, 13, rue Terre-Neuve, à Bruxelles.
- 38 **Titz**, Louis, Artiste-Peintre, place Fontaines, à Bruxelles.
- 39 **Van den Bogaerde**, H., Ingénieur aux chemins de fer de l'État, 15, rue Royale, à Bruxelles.
- 40 **Vandeveld**, Émile, Architecte-Entrepreneur, 18, rue de la Commune, à Bruxelles.
- 41 **Van Drunen**, James, Ingénieur, 9, rue des Champs-Élysées, à Ixelles (Bruxelles).
- 42 **Van Lint**, Ingénieur civil, 115, rue Joseph II, à Bruxelles.
- 43 **Van Ysendyck**, Maurice, Architecte, Attaché à la Commission royale des monuments, 58, rue de la Source, à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
- 44 **Van Ysendyck**, Jules, Architecte, Membre de la Commission royale des monuments, 109, rue Berckmans, à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
- 45 **Van Werveke**, A., Professeur à l'École moyenne de Gand, 48, boulevard d'Ekkerghem, à Gand.
- 46 **Zune**, A., Directeur du *Moniteur du Praticien*, à Bruxelles.

Membres décédés en 1895.

- H. **Dana, J.** Professeur, à New Haven (Connecticut).
 E. **Deby, J.** Ingénieur, à Londres.
 E. **Henry, H.** Ingénieur, à Dinant.
 E. **Ibels, J.-B.** Industriel, 57, chaussée de Mons, à Bruxelles
 H. **Saporta, G.** (Marquis de), à Aix (Bouche-du-Rhône).

RÉCAPITULATION

Membre protecteur	1
Membres honoraires	48
Membres associés étrangers	23
Membres effectifs	292
Membres associés régnicoles	46
Membres de la Société au 17 février 1896	410

LISTE DES OUVRAGES

NON PÉRIODIQUES, REÇUS EN DON

par la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie

PENDANT L'ANNÉE 1895

DONS D'AUTEURS

(La pagination se rapporte aux Procès-Verbaux)

- | | |
|--|---|
| <p>Agostini (G. de), p. 108.
 Baratta (M.), p. 5.
 Barthélemy, p. 6.
 Bertrand (M.), p. 69.
 Bisogni (Ch.), p. 68.
 Bittner (A.), pp. 5, 108.
 Blanchart (C.), p. 69.
 Bleicher, pp. 5, 6, 52, 108.
 Boettger (O.), p. 34.
 Bourdariat (A.-J.), p. 53.
 Briart (A.), p. 69.
 Brogger (W.-C.), p. 6.
 Cayeux, p. 6.
 Choffat (P.), p. 108.
 Cornet (J.), pp. 6, 26, 33, 51.
 Credner (H.), p. 108.
 Crocq (D.-J.), p. 90.
 Davison (Ch.), pp. 34, 51, 52, 69.
 Dawson (W.), p. 69.
 Dollo (L.), p. 146.
 Draghicénu (M.-M.), p. 145.
 Faudel, p. 52.
 Fliche, p. 108.
 Foresti (L.), p. 145.
 Fornasini (C.), p. 34.
 Franco, p. 173.
 Geikie (J.), p. 34.
 Gosselet (J.), p. 6.
 Gregory, p. 6.
 Hartert (E.), p. 34.
 Heim (A.), p. 34.
 Issel (A.), p. 173.
 Johnston-Lavis, pp. 6, 173.</p> | <p>Jones (T.-R.), pp. 6, 34, 145.
 Karrer (F.), p. 109.
 Klement (C.), p. 69.
 Kobelt, (W.), p. 34.
 Koenen (A. von), pp. 109, 145.
 Kuntze (O.), p. 109.
 Lancaster (A.), pp. 26, 34, 53, 90.
 Lang (O.), p. 145.
 Lorie (J.), p. 146.
 Marcinelli (O.), p. 108.
 Matthew (G.-F.), pp. 53, 146.
 Meunier (St.), p. 69.
 Mieg (M.), pp. 90, 108, 109.
 Mourlon (M.), p. 7.
 Munier-Chalmas, p. 34.
 Nicolis (E.), pp. 90, 146.
 Pellat (E.), p. 146.
 Pergens (Ed.), pp. 53, 69.
 Petella (G.), p. 26.
 Petermann (A.), p. 26.
 Polis (J.), p. 173.
 Prestwich (J.), p. 34.
 Rosenbusch, p. 173.
 Sacco (F.), pp. 53, 146.
 Sandberger (F. von), pp. 53, 69.
 Schur (W.), pp. 109, 145.
 Stainier (X.), p. 53.
 Stefanescu (Gr.), p. 53.
 Storms (R.), p. 53.
 Van den Broeck (E.), p. 53.
 Verstraeten (Th.), pp. 53, 173.
 Zareczny (St.), p. 34.</p> |
|--|---|

ÉCHANGES PÉRIODIQUES

La présente énumération est destinée à servir d'*accusé de réception* pour les périodiques reçus dans le courant de 1895.

EUROPE

ALLEMAGNE

- Berlin.** Kön. Preuss. Akademie der Wissenschaften.
Mathem. und. Naturw. Mittheilungen. Jahrg. 1882 à 1894, 1895. Heft 1-7.
- Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.
Zeitschrift. Band XXIX (1894), Heft 6; Band XXX (1895) Heft 1-5.
Verhandlungen. Band XXII (1895), Heft 1-9.
- Deutsche geologische Gesellschaft.
Zeitschrift. Band XXXIX (1887) à XLVI (1894).
 Band XLVII (1895), Heft 1, 2.
- Bonn.** Naturhistorischer Verein der Preuss. Rheinl. und Westph.
Verhandlungen, 51^e Jahrg. (1894), Heft 1.
- Dresden.** Naturwissenschaftliche Gesellschaft. Isis.
Sitzungsberichte und Abhandlungen. Jahrg. 1894, Juli bis December; Jahrg. 1895, Januar bis Juni.
- Frankfurt a/M.** Senckenbergische naturforschende Gesellschaft.
Abhandlungen. Band XIII à XVIII (1883 à 1895), Bd. XIX, Heft 1.
Berichte. Jahrg. 1869 à 1895.
- Freiburg i. B.** Naturforschende Gesellschaft.
Berichte, Bd. IV, V et VIII.
- Giessen.** Oberhessische Gesellsch. für Natur-und Heilkunde.
 30^{ter} Bericht.
- Göttingen.** Kön. Gesellsch. der Wissenschaften.
 Mathem. physik. Kl. *Nachrichten,* 1894, Heft 1-4; 1895, Heft 1-3.
 Geschäftliche Mittheil. *Nachrichten,* 1894, Heft 1; 1895, Heft 1.

- Halle.** Kön. Leopold. Car. Akad. d. Naturforsch.
Verhandlungen. Bd. 26-30, 1890-1894.
 26 mémoires divers de Géologie et de Paléontologie.
- Leipzig.** Geologische Spezialkarte des Königreichs. Sachsen.
Section : Löbau-Neusalza; Annaberger-Bergrevier; Wils,
 druff-Potschappel; Bautzen-Wilthen; Hochkirch-
 Czorneboh. — Cartes et Textes.
- München.** K. B. Akademie der Wissenschaften.
 (Mathem.-physikal. Klasse).
Sitzungsber. Jahrg. 1887 à 1894; 1895, Heft 1, 2.
Abhandlungen Band XVIII, Heft 1, 2, 3.

AUTRICHE-HONGRIE

- Budapest.** Kön. Ungarische Geologische Anstalt.
Mittheilungen. Band X, Heft 7.
Jahresbericht. 1892.
- Ungarische Geologische Gesellschaft.
Földtani Közlemény, XXIV (1894), 11, 12, Füzet;
 XXV (1895), 1-5, Füzet.
- Cracovie.** Académie des Sciences.
Bulletin international, 1895, nos 1-7.
Zareckny. Atlas geologiczny Galicyi, Texte et Atlas.
- Prag.** Naturw. Landesdurchforschung von Böhmen.
Archiv. Bd. VII, Heft 1; VIII, 5; IX, 4.
- Wien.** K. Akademie der Wissenschaften.
 (Mathem. naturw. Klasse).
Denkschriften. Bd. LXI (1894).
Sitzungsberichte, 1894.
- K. K. Naturhistorisches Hofmuseum.
Annalen, Band. IX, Heft 1-4.

BELGIQUE

- Anvers.** Société royale de Géographie d'Anvers.
Bulletin, tome XIX, 3^e, 4^e et 5^e fasc. ; t. XX, 1^{er} fasc.
- Bruxelles.** Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-
 Arts de Belgique.
Bulletin, 3^e série, t. 28, nos 11 et 12; t. 29, nos 1-8.
Mémoires cour., in-8°, t. L, LI, LII.
 id. in-4°, t. LIV.
Annuaire, 61^e année, 1895.

Bruxelles. Annales des travaux publics de Belgique.

Tome 52, cahiers nos 1 et 2.

Table générale des cinquante premiers volumes.

- Association belge des Chimistes.

Bulletin, 8^e année (1894-95), nos 5-7.

- Commission géologique de Belgique.

Carte géologique au 40000^e, 2^e livraison.

- Ciel et Terre.

15^e année (1894-95), nos 21-24; 16^e année (1895-96), nos 1-18.

- La Technologie sanitaire.

1^{re} année 1895, nos 1 à 10.

- Ministère de l'Agriculture et des Travaux publics.

Bulletin de l'Agriculture 1895, t. XI. Livr. 1, 2.

- Observatoire royal de Belgique.

Bulletin quotidien.

Annuaire, 62^e année, 1895.

Annales, 1893, août et septembre.

- Société belge des Ingénieurs et Industriels.

Annales et Compte rendu, t. III (1894-95), n^o 1.

- Société belge de Microscopie.

Bulletin, 21^e année (1894-95), nos I-X.

Annales, t. XVIII, 2^e fasc. XIX, 1^{er} fasc.

- Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie.

Bulletin, t. VIII (1894) fasc. 2, 3; t. IX (1895) fasc. 1.

- Société d'Archéologie de Bruxelles.

Annuaire, t. VI (1895),

Annales, t. IX. Livr. 1-4.

- Société royale belge de Géographie.

Bulletin 1894, n^o 6; 1895, nos 1-5.

- Société royale de Médecine publique.

Tablettes mensuelles 1894, décembre; 1895, janvier à octobre.

Bulletin, vol. XII, n^o 3, 2^e partie.

- Société scientifique de Bruxelles.

Annales, 18^e année (1893-94).

Revue des Questions scientifiques, 2^e série, t. VII et VIII (1895).

Huy. Cercle des Naturalistes hutois.

Bulletin, 1894, n^o 4; 1895, n^o 1.

Liège. Revue universelle des Mines, de la Métallurgie, etc.

38^e année (1894), t. XXVIII, n^o 3; 39^e année. t. XXIX, XXX et XXXI.

Société géologique de Belgique.

Annales (Bulletin et Mémoires), t. XX, 3^e livr.; t. XXI, 2^e et 3^e livr.; t. XXII, 1^{re} livr.

DANEMARK

Copenhague. The Danish Biological Station.

Fiskeri Beretning for Finantsaaret, 1891-1894.

Report, III (1892); IV (1893).

ESPAGNE

Madrid. Comision del Mapa geologico de España.

Boletin, vol. XVIII et XIX.

Memorias. Descripcion de la prov. de Vizcaya, 1 vol.

» Descripcion » de Logrono, 1 vol.

FRANCE

Abbeville. Société d'Émulation.

Mémoires, t. XIX.

Bulletin, 1893, nos 1-4; 1894, nos 1 et 2.

Cinquantenaire de M. Ernest Prarond. Broch. in-8°.

Angers. Société d'Études scientifiques.

Bulletin, 1^{re}, 2^e, 4^e à 23^e années (1871, 1872 et 1874 à 1894).

Autun. Société d'Histoire naturelle d'Autun.

Bulletin, 1^{re} année (1888) à VI^e année (1893).

Caen. Académie nationale des Sciences, Arts et Belles-Lettres.

Mémoires, 1889 à 1894.

Tables des Mémoires, 2 fasc. in-8°.

Chalon s/Saône. Société des sciences naturelles de Saône-et-Loire.

Bulletin, 1895, 21^e année, nos 1, 2, 3.

Charleville. Société d'Histoire naturelle des Ardennes.

Bulletin, 1^{re} série, t. I.

Lille. Société géologique du Nord.

Annales, t. XXII, 4^e livr.; t. XXIII, 1-3 livraisons.

Nancy. Club alpin français. Section Vosgienne.

13^e année, n° 6.

Nantes. Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France.

Bulletin, t. 4, 1^{re} 2^e et 3^e trimestre; t. V, 1^{er} trimestre.

Paris. Institut de France. Académie des Sciences.

Comptes rendus hebdomadaires, t. 92 (1881) à t. 117 (1893)
1895, 1^{re} et 2^e semestres.

Mémoires, t. V à XX, XXII à XLIV.

Mémoires des savants étrangers, t. I à XXI.

Passage de Vénus sur le Soleil, t. I à III, 9 vol. in-4^o.

Annales des mines.

1887 à 1894; 1895, livraisons 1 à 11.

— Archives générales d'Hydrologie.

6^e année, 1895, n^o 1.

— Carte géologique de la France (Ministère des travaux publics).

Bulletin des services, n^{os} 41 à 45.

— Feuille des jeunes naturalistes.

III^e série, n^{os} 291 à 302.

— Muséum d'Histoire naturelle.

Bulletin, 1895, n^{os} 1-6.

— Société française de minéralogie.

Bulletin, t. X (1887) à XVII (1894), t. XVIII, n^{os} 1-6.

— Société géologique de France.

Comptes rendus des séances, 1895, n^{os} 1-15.

Bulletin, t. XXI (1893), n^{os} 6, 8; t. XXII (1894), n^{os} 6-9;
t. XXIII (1895), n^o 1.

— Société de Géographie.

Comptes rendus des séances, 1895, n^{os} 7-13.

Bulletin, 7^e série, 1^{er}, 2^e et 3^e trimestres.

— Société d'Hydrologie médicale.

Annales, t. 40^e, n^{os} 1-7.

Saint-Étienne. Société de l'Industrie minérale.

Comptes rendus mensuels des réunions, 1895, janvier à novembre.

Bulletin, 3^e série, t. VIII, 4^e livr.; t. IX, 1^{re} et 2^e livr.

Toulouse. Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres.

Mémoires, 6^e série, t. II (1864).

GRANDE-BRETAGNE

London. Geologists' Association.

Proceedings, vol. VIII, 1-8; IX, 1, 3-8; X, 1-9; XII, 1-10;
XIII, 1-10; XIV, 1-4.

— Geological Society.

Quarterly Journal, vol. LI (1895), part 1-4.

London. Royal Society.

Proceedings, vol. LVIII, 349-352.

Plymouth. Marine Biological Association of the United Kingdom.

Journal, vol. I-III, IV, n^{os} 1, 2.

ITALIE

Milan. Societa Italiana di Scienze naturali.

Atti, vol. XXIII (1880) à XXXIV (1894); XXXV, fasc. 1-2.

Napoli. Societa reale di Napoli (Reale Accademia delle Scienze fisiche e matematiche.

Atti, serie seconda, vol. 1 (1889) à VI (1894);

Rendiconto, serie 3, vol. I (1895), fasc. 1-10.

Pisa. Societa Toscana di Scienze naturali.

Processi-Verbali, vol. IX.

Memorie, vol. IX (1888) à XIII (1894).

Roma. R. Comitato Geol. d'Italia.

Bollettino, 1894, n^o 4; 1895, n^{os} 1-2.

— R. Uff. Central O. Meteorologie.

Bulletin quotidien.

— Societa Sismologica Italiana.

Bollettino, 1895, vol. I, n^o 1.

PAYS-BAS

Amsterdam. K. Akademie van Wetenschappen.

Verhandelingen, 2^e Sect. Deel I, II, III, IV, n^{os} 1-6.

Verslagen van de zittingen. Deel I, II, III.

Jaarboek, 1894.

PÉNINSULE BALKANIQUE

Belgrade. Annales géologiques de la Péninsule balkanique.

T. I (1890) à III (1893); t. IV, n^{os} 1, 2, t. V. n^o 1.

PORTUGAL

Porto. Revista de Sciencias naturales e sociaes.

Vol. III, n^{os} 12 et 13.

RUSSIE

Kiew. Société des Naturalistes.

Mémoires, t. XIII, livraisons 1-2.

Saint-Petersbourg. Académie impériale des Sciences.*Bulletin*, V^e série, t. II, n^{os} 1-5.*Mémoires*, VIII^e série, t. I, n^{os} 1-3.

— Russ. Kais. Min. Gesellschaft.

2^e série, vol. XXXI (1894).

— Comité géologique.

Bulletin, t. XII (1893), n^{os} 8 et 9; t. XIII (1894); n^{os} 1-7 et supplément.*Mémoires*, t. VIII, n^{os} 2 et 3; t. IX, n^o 3; t. XIV, n^o 1.

— Société des Naturalistes de Saint-Petersbourg.

Comptes rendus des séances, 1895, n^{os} 1-4.*Travaux de la Société* (Section de Géologie), t. XXIII.

SUÈDE

Lund. Universitas Lundensis.*Acta*, t. XXIV (1889) à XXX (1894).**Stockholm.** Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar.*Öfversigt*, 1890, n^{os} 1 et 31; 1891, n^o 5; 1892, n^{os} 36 et 37; 1893, n^{os} 7 et 34.*Handlingar*, Band 22, n^{os} 6 et 9; Bd. 23, n^{os} 1 et 12; Bd. 24, n^{os} 1 et 13; Bd. 25, n^o 2.**Upsala.** Geological Institution of the University of Upsala.*Bulletin*, vol. I, n^{os} 1, 2; vol. II, n^o 1.

SUISSE

Lausanne. Société géologique suisse.*Eclogæ geol. Helvetiæ*, vol. IV, n^o 4.**Zurich.** Naturforschende Gesellschaft.*Jahrgang* I (1856) à 40 (1895). Manque vol. 37 et 38, n^{os} 3 et 4.

TURQUIE

Constantinople. Observatoire impérial.*Bulletin*, 1895, janvier à juillet.

AMÉRIQUE

Baltimore. Johns Hopkins University.*American Chemical Journal*, vol. 17, n^o 9.*Circulars*, vol. 15, n^o 121.

- Cambridge.** Museum of Comparative Zoology.
Bulletin, vol. XXVII, n° 5.
- Davenport.** Davenport Academy of Natural Science.
Proceedings, vol. II, III, IV, V et VI, part I.
- Lima.** Sociedad Geografica.
Boletin, t. IV, 2° trim.
- New-Haven.** American Journal of Science.
 Vol. XLIX et L (1895).
 — Connecticut Academy.
Transactions, vol. IX, part 1-2.
- New-York.** Science. New Serie, vol. I et II.
- Ottawa.** Commission de Géologie et d'Histoire naturelle du Canada.
Rapport annuel, vol I (1885) à V (1891).
Cartes : 364 à 372; 379 à 390; 550 et 551.
- Philadelphie.** Academy of Natural Science.
Proceedings, 1890 à 1894, 1895, part I.
Journal, seconde série, vol. IX, part 1-4; vol. X, part 1-2.
- Rochester.** Geological Society of America.
Bulletin, vol. 5, et 6.
- Topeka.** Kansas Academy of Science.
Transactions, vol. VIII (1881) à XIII (1892).
- Washington.** Un. St. Geological Survey.
Bulletin, nos 118 à 122.
Monographs, vol. XXIII et XXIV.
Annual Report, 1892-93, part I, II.
Geologic Atlas, 1-6, 8-12.
 — Smithsonian Institution.
Annual Report, 1892, 1893.
 — The Microscope.
 Vol. XII, XIV, XV; 2° série, vol. I, II, III, part 1-11.

AUSTRALIE

- Melbourne.** Secretary for Mines.
Annual Report, 1894.
- Sydney.** Australian Museum.
Report, 1894.
Records, vol. II, part 6.
 — Department of Mines and Agriculture.
Annual Report, 1894.
-

LISTE

DES

Académies, Instituts, Sociétés savantes, Musées, Revues, Journaux, etc.

EN RELATIONS D'ÉCHANGE DE PUBLICATIONS AVEC LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

AU 31 DÉCEMBRE 1895

(L'astérisque indique les institutions dont les publications ont été reçues pendant l'année.)

AMÉRIQUE

Albany. State Geologist.* **Baltimore.** John Hopkins University.**Berkeley.** University of California.* **Cambridge (Mass.)** Museum of Comparative Zoology (Harvard College).* **Davenport.** Academy of Natural Science.**Halifax.** Nova Scotia Institut of Natural Science.**Jefferson-City.** Geological Survey of Missouri.* **Lima.** Sociedad Geografica.**Minneapolis.** Geological and Natural History Survey of Minnesota.* **New-Haven.** American Journal of Science.

— Connecticut Academy of Arts and Sciences.

New-York. Academy of Sciences (late Lyceum of Natural History).

— American Museum of Natural History.

* — Science.

* **Ottawa.** Commission de Géologie et d'Histoire naturelle du Canada.* **Philadelphie.** Academy of Natural Sciences.**Quito.** Universidad Central del Ecuador.* **Rochester.** Geological Society of America.

— Rochester Academy of Sciences.

San-Francisco. California Academy of Natural Sciences.

* **Topeka (Kansas).** Kansas Academy of Science.

Trenton. Geological Survey of New-Jersey.

Washington. Philosophical Society.

* — United States of America Geological Survey.

* — Smithsonian Institution.

— United States of America Department of Agriculture.

— National Museum.

* — The Microscope.

ASIE

Tokio. Imperial University Japan.

— Seismological Society of Japan.

EUROPE

ALLEMAGNE

* **Berlin.** Königlich. preussische Akademie der Wissenschaften.

* — Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

* — Deutsche geologische Gesellschaft.

— Afrikanische Gesellschaft in Deutschland.

— Forschungsreisende und Gelehrte aus den Deutschen Schützgebieten.

* **Bonn.** Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande, Westphalien und des Reg. - Bezirks Osnabruck.

* **Dresde** Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis in Dresden.

— Dresdener Museum.

Erfurt. Königlische Akademie der Wissenschaften.

Erlangen. Physikalisch-medicinische Societät.

* **Francfort s/Mein.** Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft.

* **Fribourg-en-Brigau.** Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg I. B.

* **Giessen.** Oberhessische Gesellschaft für Natur-und Heilkunde.

* **Göttingen.** Königlische Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen.

* **Halle.** Kaiserliche Leopoldin. Carolinische deutsche Akademie der Naturforscher.

* **Leipzig.** Geologische Specialkarte des Königreichs Sachsen.

* **Mecklemburg.** Verein der Freunde der Naturgeschichte.

* **Munich.** Königlische-bayerische Akademie der Wissenschaften.

AUTRICHE-HONGRIE

Brünn. Naturforschend. Verein in Brünn.

* **Budapesth.** Königl. Ung. Geologische Anstalt.

* —

* **Cracovie.** Académie des sciences.

* **Prague.** Kaiserlich.-böhmische Gesellschaft der Wissenschaften.

* **Vienne.** Kaiserlich.-königliche Akademie der Wissenschaften.

* — Kaiserlich.-königliches naturhistorisches Hofmuseum.

BELGIQUE

* **Anvers.** Société royale de Géographie d'Anvers.

* **Bruxelles.** Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux Arts de Belgique.

* — Association belge des Chimistes.

* — Ministère de l'Agriculture et des Travaux publics.

* — Ministère de l'Industrie et du Travail (Annales des travaux publics).

* — Ministère de l'Industrie et du Travail (Carte géologique au 40,000^e).

* **Bruxelles.** Ciel et Terre.

* — La Technologie sanitaire.

— Musée royal d'Histoire Naturelle de Belgique.

— (Carte géol. au 20.000^e).

* — Observatoire Royal.

* — Société belge de Microscopie.

* — Société belge des Ingénieurs et des Industriels.

* — Société d'Archéologie de Bruxelles.

* — Société royale belge de Géographie.

* — Société royale de Médecine publique.

— Société royale malacologique de Belgique.

* — Société scientifique de Bruxelles.

* **Huy.** Cercle des Naturalistes hutois.

* **Liège.** Revue universelle des Mines, etc.

* — Société géologique de Belgique.

* **Mons.** Société des Ingénieurs sortis de l'École de Mons.

DANEMARK

* **Copenhague.** The Danish Biological Station.

ESPAGNE

- * **Madrid.** Comision del Mapa geologico de España.

FRANCE

- * **Abbeville.** Société d'Émulation d'Abbeville.
 * **Angers.** Société d'Études scientifiques d'Angers.
 * **Autun.** Société d'Histoire naturelle d'Autun.
 * **Caen.** Académie nationale des Sciences, Arts et Belles-Lettres.
 * — Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences.
Chalon-s/-Saône. Société des Sciences naturelles de Saône-et-Loire.
 * **Charleville.** Société d'Histoire naturelle des Ardennes.
Havre. Société géologique de Normandie.
 * **Lille.** Société géologique du Nord.
Louviers. Société normande d'Études préhistoriques.
 * **Nancy.** Club alpin français. Section Vosgienne.
 * **Nantes.** Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France.
 * **Paris.** Académie des Sciences.
 * — Annales des Mines.
 * — Archives générales d'Hydrologie.
 * — Feuille des Jeunes Naturalistes.
 * — Muséum d'Histoire naturelle.
 * — Service de la Carte géologique détaillée de la France.
 * — Société de Géographie.
 * — Société d'Hydrologie médicale.
 * — Société française de Minéralogie.
 * — Société géologique de France.
 * **Saint-Etienne.** Société de l'Industrie minérale.
 * **Toulouse.** Académie des Sciences, Inscriptions, et Belles-Lettres.

GRANDE-BRETAGNE

- * **London.** Geologist's Association.
 * — Geological Society of London.
 * — Geological Survey of the United Kingdom.
 * — Royal Society of London.
 * **Plymouth.** Marine Biological Association of the United Kingdom.

ITALIE

- * **Milan.** Societa italiana di Scienze naturali e Museo civico di storia naturale in Milano.

Modène. Società dei Naturalisti in Modena.

* **Naples.** Società reale di Napoli (Reale Accademia di Scienze fisiche e matematiche).

* **Pise.** Società toscana di Scienze naturali.

Rome. Carte géologique de la Sicile.

— Office météorologique.

* — Reale Comitato Geologico d'Italia.

— Società africana d'Italia.

* — Società Sismologica d'Italia.

NÉERLANDE

* **Amsterdam.** Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam.

Harlem. Musée Teyler.

NORVÈGE

Tromsø. Tromsø Museum.

PÉNINSULE BALKANIQUE

Belgrade. Annales géologiques de la Péninsule balkanique.

PORTUGAL

Lisbonne. Comissão dos Trabalhos Geologicos de Portugal.

Porto. Sociedade Carlo Ribeira (Revista de Sciencias naturaes e sociaes).

RUSSIE

Helsingfors. Société de Géographie de Finlande.

* **Kiew.** Société des Naturalistes.

* **Saint-Pétersbourg.** Académie impériale des Sciences.

* — Comité géologique.

— Matériaux pour servir à la géologie de la Russie.

* — Russ.-Kaiserliche Mineralog. Gesellschaft.

* — Société des Naturalistes de Saint-Pétersbourg.

SUÈDE

* **Lund.** Universitas Lundensis.

* **Stockholm.** Konglig. svenska vetenskap Akademie.

* **Upsal.** University of Upsala.

SUISSE

- * **Lausanne.** Société géologique Suisse.
- * **Zurich.** Naturforschende Gesellschaft in Zurich.

TURQUIE

Constantinople. Observatoire impérial.

OCÉANIE

NOUVELLE-GALLES DU SUD

- * **Sidney.** Australian Museum.
- * — Department of Mines and Agriculture.
- * — Geological Survey of New South Wales.

VICTORIA

- * **Melbourne.** Secretary of Mines.
 - * — Zoology of Victoria.
-

DÉSIGNATION DES FOSSILES NOUVEAUX

mentionnés, décrits ou figurés dans le présent volume

NOMS DES ESPÈCES NOUVELLES	Auteurs	Age du gisement.	Mention.	Description.	Figures.
Miosiren Kocki N. G.; N. Sp.	L. Dollo	Miocène	Proc. Verb. p. 147	Voir Bull. 1896.	
Paidipithex rhenanus N. G.	H. Pohlig	Pliocène		Proc. Verb. p. 149	Proc. Verb. p. 149
Cybium Proosti	R. Storms	Bruxellien		— p. 160	

TABLE DES PLANCHES

PLANCHE I.

Stanislas Meunier. Comparaison des surfaces respectives des Monts Célestes, du massif des Alpes, de la chaîne des Pyrénées et des Vosges.

Comparaison des altitudes respectives des montagnes et chaînes précitées.

PLANCHE II.

F. Sacco. Schéma géotectonique des Alpes et de l'Apennin.

PLANCHE III.

D^r J. Lorté. Bassin hydrographique de l'Escaut en Belgique, d'après E. Van Overloop.

PLANCHE IV.

D^r J. Lorté. Les hautes tourbières et les métamorphoses de la Meuse dans le Brabant septentrional et le Limbourg — Bassin hydrographique de la Meuse sur le territoire néerlandais.

PLANCHE V.

L. Dollo. Évolution des Dipneustes.

PLANCHE VI.

L. Dollo. Crâne des Dipneustes.

PLANCHE VII.

L. Dollo. Ontogénie de la queue des Poissons.

PLANCHES VIII ET IX.

L. Dollo. Géphyrocercie des Ganoïdes et des Téléostéens.

PLANCHE X.

L. Dollo. Structure des queues géphyrocerques.

PLANCHES XI A XV.

Ferd. Béclard. Les Spirifères du Coblenzien belge.

TABLE DES MATIÈRES
DES
COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES
DISPOSÉES SYSTÉMATIQUEMENT
ET PAR ORDRE DE CHRONOLOGIE GÉOLOGIQUE (1)

Phénomènes géologiques.

	Pr.-Verb. Mém.	
	PAGE	PAGE
E. Van den Broeck. Sur le travail de M. Ch. Davison " On Snow Drift Deposits "	16	
Ch. Davison. On Snow Drift Deposits (Résumé en français par M. R. Storms)	17	
C. Klement. Sur l'origine de la dolomie dans les formations sédimentaires (<i>Résumé au Pr.-Verb.</i>)	27	3
F. Sacco. Les rapports géotectoniques entre les Alpes et les Apennins (<i>Idem.</i>)	30	33
Stanislas Meunier. Étude critique sur l'extension des anciens glaciers dans l'Europe occidentale (<i>Idem.</i>)	35	24
Stanislas Meunier. Sur un mode de striation des roches, indépendant des phénomènes glaciaires	39	
X. Stainier. Note sur les cristaux de pyrite des charbonnages	40	
X. Stainier. Curieux état moléculaire d'un cristal de pyrite	43	
A. Flamache. Sur la formation des grottes et des vallées souterraines	50	355
J. Lorié. Sur l'Évolution de la Meuse et de l'Escaut. (<i>Résumé au Pr.-Verb.</i> par M. E. Van den Broeck)	63	50
E. de Munck. Sur les récents tremblements de terre ressentis dans le Hainaut	63	
** E. Martel. Sur la température des cavernes (2).	67	
** Stan. Meunier. Recherches sur les épanchements boueux	67	
A. J. Bourdariat. Formation d'un nouveau cône sur le Vésuve	83	
** A. de Grossouvre. Sur les relations entre les transgressions marines et les mouvements du sol	85	
F. Sacco. Essai sur l'orogénie de la Terre	113	

(1) Les communications qui se trouvent indiquées dans deux ou plusieurs des subdivisions de la classification ci-dessus sont désignées par un astérisque en marge de la deuxième désignation du titre.

(2) Les communications précédées de deux astérisques ne sont pas inédites et font partie des *Nouvelles et Informations diverses.*

	Pr.-Verb. Mém.	PAGE	PAGE
E. Van den Broeck. Quelques observations relatives à l'étude de M. Flamache sur la formation des grottes et des vallées souterraines (<i>Résumé</i>)		163	
E. Van den Broeck. Sur le mode de formation des grottes et des vallées souterraines — Réponse à la note critique de M. Flamache			368
H. Arctowski. Quelques remarques sur l'intérêt qu'offre pour la Géologie l'exploration des régions antarctiques		175	
E. Van den Broeck. Les Mistpoeffers, ou détonations de la Mer du Nord et des régions terrestres et maritimes circonvoisines, et les Barisal Guns, du Delta du Gange		177 et 182	

Terrains éruptifs. Lithologie.

* A. J. Bourdariat. Formation d'un nouveau cône sur le Vésuve.	83
--	----

Paléontologie des terrains primaires.

L. Dollo. Dipneustes vivants et fossiles (<i>Résumé</i>)	7	
L. Dollo. Sur la Phylogénie des Dipneustes		79
F. Bécclard. Sur les Spirifères du Coblentzien (<i>et présentation du mémoire sur ce sujet</i>)	27	129
L. Dollo. Evolutions des écailles chez les Poissons (<i>Résumé</i>)	113	
L. Dollo. Qu'est-ce qu'un Graptolite ? (<i>Résumé</i>)	115	
X. Stainier. Matériaux pour la Faune du Houiller de Belgique. (Quatrième note. — (<i>Résumé au Pr.-Verb</i>)	181	416

Géologie des terrains secondaires.

A. Rutot. Essai de synchronisme entre les couches maastrichtiennes et sénoniennes du bassin de Mons et celui du Limbourg (<i>Résumé</i>).	29
---	----

Paléontologie des terrains secondaires.

* L. Dollo. Sur la Phylogénie des Dipneustes		79
Ed. Pergens. Note sur l'identification et la séparation des espèces dans le groupe des Bryozoaires	8	
A. Rutot. Sur la faune de l'Aachenien	28	
* A. Rutot. Essai de synchronisme entre les couches maastrichtiennes et sénoniennes du bassin de Mons et celui de Limbourg (<i>Résumé</i>).	29	
L. Dollo. L'origine des Vertébrés terrestres (<i>Résumé</i>)	73	
V. Lechlen. Découverte d'un nouvel Ichthyosaure à Arlon	110	
* L. Dollo. Evolution des écailles chez les Poissons (<i>Résumé</i>)	113	

Géologie des terrains tertiaires.

A. Erens. Observation sur l'Oligocène supérieur dans le Limbourg hollandais et en Belgique	11
--	----

	Pr.-Verb. Mém.	PAGE	PAGE
L. Losseau. Quelques renseignements relatifs à deux sondages à Anvers		48	
L. Bayet. Observations sur quelques dépôts tertiaires de l'Entre-Sambre-et-Meuse (<i>Résumé</i>)		54	
A. Rutot. Note sur quelques points nouveaux de la géologie des Flandres (<i>Résumé au Pr. Verb.</i>)		90	289
E. Van den Broeck. Note préliminaire sur le niveau stratigraphique et la région d'origine de certains des blocs de grès quartzeux des plaines de la moyenne et de la basse Belgique		91	
A. Rutot. Asschien et Tongrien		112	
E. Van den Broeck. Compte rendu sommaire de l'Excursion au Bol-derberg et au gisement fossilifère de Waenrode		116	
X. Stainier. Un dépôt d'argile plastique d'Andenne, à Laroche (Ardenne)		178	

Paléontologie des terrains tertiaires.

*A. Erens. Observation sur l'Oligocène supérieur dans le Limbourg Hollandais et en Belgique		11	
Ed. Delheid. Contribution paléontologique à l'étude de l'étage pliocène supérieur poederlien, à Anvers		57	
L. Dollo. Présentation d'un mémoire sur le <i>Miosiren Kocki</i>		147	
H. Pohlig. <i>Paidopithecus Rhenanus</i> — le Singe anthropomorphe du Pliocène rhénan		149	
Eug. Dubois. Sur le <i>Pithecanthropus erectus</i> du Pliocène de Java		151	
Observations de <i>M. Houzé</i> relatives à la communication précédente de M. Eug. Dubois et discussion		158 à 160	
R. Storms. Sur un <i>Cybius</i> nouveau du terrain bruxellien (<i>Cybius Proosti</i>)		168	
Ed. Bernays. Une coquille nouvelle (<i>Capulus fallax</i>) pour les sables à <i>Isocardia Cor</i> „ d'Anvers.		174	

Géologie des terrains quaternaire et moderne.

*Stanislas Meunier. Sur un mode de striation des roches, indépendant des phénomènes glaciaires		39	
---	--	----	--

Géologie et recherches régionales.

*F. Sacco. Les rapports géotectoniques entre les Alpes et les Apennins (<i>Résumé au Proc. Verb.</i>)	30	33
*Stanislas Meunier. Étude critique sur l'extension des anciens glaciers dans l'Europe occidentale (<i>Idem.</i>)	35	24
*L. Bayet. Observations sur quelques dépôts tertiaires de l'Entre-Sambre-et-Meuse (<i>Résumé</i>)	54	
E. Dupont. La partie belge de la Carte géologique internationale de l'Europe	55	

	Pr.-Verb. Mém.	
	PAGE	PAGE
* J. Lorient. Sur l'Évolution de la Meuse et de l'Escaut. (<i>Résumé au Proc.-Verb.</i> par M. E. Van den Broeck)	63	50
* E. de Munck. Sur les récents tremblements de terre ressentis dans le Hainaut	63	
** A. de Grossouvre. Sur les relations entre les transgressions marines et les mouvements du sol	85	
* E. Van den Broeck. Note préliminaire sur le niveau stratigraphique et la région d'origine de certains des blocs de grès quartzeux des plaines de la moyenne et de la basse Belgique	91	
Programme de l'excursion dans le Boulonnais	109	
* E. Van den Broeck. Compte rendu sommaire de l'Excursion au Bolderberg et au gisement fossilifère de Waenrode	116	
* H. Arctowski. Quelques remarques sur l'intérêt qu'offre pour la Géologie l'exploration des régions antarctiques	175	
Alb. Hankar. Compte rendu de la session annuelle extraordinaire de 1895, tenue dans le Nord de la France et dans le Boulonnais, du 17 au 25 août	208	427

Hydrologie.

* L. Losseau. Quelques renseignements relatifs à deux sondages à Anvers	48	
Th. Verstraeten. Circulation des eaux dans les massifs rocheux. Examen des opinions contradictoires à ce sujet	49	241
Th. Rome. De l'Hydrographie souterraine dans les terrains calcaires		320
* A. Flamache. Sur la formation des grottes et des vallées souterraines	50	355
** A. Delebecque. Sur la variation de la composition de l'eau des lacs avec la profondeur et suivant les saisons	66	
E. Van Overloop. Quelques mots de rappel au sujet de l'hydrologie du bassin de l'Escaut	71	
J. Hans. La base de l'étude hydrologique de la Belgique. Quelques résultats tirés de l'étude de la Carte pluviométrique	77	
** M. Nordenskiöld. Obtention d'eau douce par le forage au diamant dans les roches granitiques de la Suède.	87	
J. Hans. Études hydrologiques faites par le service des irrigations des États-Unis (<i>Résumé</i>)	91	
* T. C. Moulan. Note préliminaire au sujet de la construction des barrages des réservoirs d'alimentation	100	
* E. Van den Broeck. Quelques observations relatives à l'étude de M. Flamache sur la formation des grottes et des vallées souterraines (<i>Résumé</i>)	163	
E. Van den Broeck. Sur le mode de formation des grottes et des vallées souterraines. Réponse à la note critique de M. Flamache		368
A. Rutot et E. Van den Broeck. Lecture d'extraits des principaux traités de Géologie et d'Hydrologie, fournissant l'opinion des maîtres de la Science sur la question de l'hydrologie des calcaires.	165	

T.-C. Chamberlin. Les puits artésiens. — Considérations pratiques au sujet de leur établissement. — Traduit de l'anglais	3 (*)
--	-------

Varia.

L. Dollo. Discours présidentiel	3
Ed. Pergens. Note sur l'identification et la séparation des espèces dans le groupe des Bryozoaires	8
* X. Stainier. Note sur les cristaux de pyrite des charbonnages	40
L. Dollo. Encore la discontinuité de l'évolution (<i>Résumé</i>)	46
* E. Dupont. La partie belge de la Carte géologique internationale de l'Europe	55
L. Dollo. J. D. Dana (1813-1895)	70
* T. C. Moulan. Note préliminaire au sujet de la construction des barrages des réservoirs d'alimentation	100
A. Erens. Notice biographique sur Casimir Ubaghs	102
L. Dollo. T. H. Huxley (1825-1895)	115
* A. Rutot et E. Van den Broeck. Lecture d'extraits des principaux traités de Géologie et d'Hydrologie, fournissant l'opinion des maîtres de la Science sur la question de l'hydrologie des calcaires	165
* E. Van den Broeck. Les Mistpoeffers, ou détonations de la Mer du Nord et des régions terrestres et maritimes circonvoisines, et les Barisal Guns, du Delta du Gange	177 et 182
M. le Président. Rapport annuel pour 1895	200

(*) Publié dans le recueil des *Traductions et Reproductions*.

TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES
CONTENUES DANS LE TOME IX (1895)
DU BULLETIN
DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE
DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

Composition du Bureau et du Conseil de la Société pour l'exercice 1895	p. 2
---	------

Séance mensuelle du 29 janvier 1895.

L. DOLLO. Discours présidentiel	p. 3
L. DOLLO. Dipneustes vivants et fossiles (<i>Résumé</i>)	p. 7
ED. PERGENS. Note sur l'identification et la séparation des espèces dans le groupe des Bryozoaires.	p. 8
A. ERENS. Observation sur l'Oligocène supérieur dans le Limbourg hollandais et en Belgique	p. 11
E. VAN DEN BROECK. Sur le travail de M. Ch. Davison « On Snow Drift Deposits »	p. 16
CH. DAVISON. On Snow Drift Deposits (<i>Résumé en fran- çais par M. R. Storms</i>)	p. 17

Séance mensuelle du 19 février 1895.

C. KLEMENT. Sur l'origine de la dolomie dans les forma- tions sédimentaires (<i>Résumé</i>)	p. 27
F. BÉCLARD. Sur les Spirifères du Coblentzien. <i>Présenta- tion d'un Mémoire sur ce sujet.</i>	p. 27
A. RUTOT. Sur la faune de l'Aachenien	p. 28
A. RUTOT. Essai de synchronisme entre les couches maastrichtiennes et sénoniennes du bassin de Mons et celui du Limbourg (<i>Résumé</i>)	p. 29
F. SACCO. Les rapports géotectoniques entre les Alpes et les Apennins (<i>Résumé</i>)	p. 30

Séance mensuelle du 26 mars 1895.

STANISLAS MEUNIER. Étude critique sur l'extension des anciens glaciers dans l'Europe occidentale (<i>Résumé</i> par M. Van den Broeck)	p.	35
STANISLAS MEUNIER. Sur un mode de striation des roches, indépendant des phénomènes glaciaires	p.	39
X. STAINIER. Note sur les cristaux de pyrite des charbonnages	p.	40
X. STAINIER. Curieux état moléculaire d'un cristal de pyrite	p.	43
L. DOLLO. Encore la discontinuité de l'évolution (<i>Résumé</i>)	p.	46

Séance de géologie appliquée du 16 avril 1895.

Mise en vente de la Carte pluviométrique de M. A. Lancaster	p.	47
L. LOSSEAU. Quelques renseignements relatifs à deux sondages à Anvers	p.	48
TH. VERSTRAETEN. Circulation des eaux dans les massifs rocheux. Examen des opinions contradictoires à ce sujet (<i>Résumé</i>)	p.	49
A. FLAMACHE. Sur la formation des grottes et des vallées souterraines (<i>Lecture du Mémoire</i>)	p.	50

Séance mensuelle du 30 avril 1895.

L. BAYET. Observations sur quelques dépôts tertiaires de l'Entre-Sambre-et-Meuse (<i>Résumé</i>)	p.	54
E. DUPONT. La partie belge de la Carte géologique internationale de l'Europe	p.	55
ED. DELHEID. Contribution paléontologique à l'étude de l'étage pliocène supérieur poederlien, à Anvers	p.	57
J. LORIÉ. Sur l'Évolution de la Meuse et de l'Escaut. (<i>Résumé</i> par M. E. Van den Broeck)	p.	63
E. DE MUNCK. Sur les récents tremblements de terre ressentis dans le Hainaut	p.	63

Nouvelles et informations diverses.

A. Delebecque. Sur la variation de la composition de l'eau des lacs avec la profondeur et suivant les saisons	p.	66
E. Martel. Sur la température des cavernes	p.	67
St. Meunier. Recherches sur les épanchements boueux	p.	67

Séance mensuelle de mai, remise au 4 juin 1895.

L. DOLLO. J. D. Dana (1813-1895)	p.	70
E. VAN OVERLOOP. Quelques mots de rappel au sujet de l'hydrologie du bassin de l'Escaut	p.	71
L. DOLLO. L'origine des Vertébrés terrestres (<i>Résumé</i>)	p.	73
J. HANS. La base de l'étude hydrologique de la Belgique. Quelques résultats tirés de l'étude de la Carte pluviométrique.	p.	77
A. J. BOURDARIAT. Formation d'un nouveau cône sur le Vésuve	p.	83

Nouvelles et informations diverses.

<i>A. de Grossouvre.</i> Sur les relations entre les transgressions marines et les mouvements du sol	p.	85
<i>M. Nordenskiöld.</i> Obtention d'eau douce par le forage au dia- mant dans les roches granitiques de la Suède	p.	87

Séance mensuelle du 25 juin 1895.

J. HANS. Etudes hydrologiques faites par le service des irrigations des États-Unis (<i>Résumé</i>)	p.	91
A. RUTOT. Sur quelques points nouveaux de la géologie des Flandres (<i>Résumé</i>)	p.	90
E. VAN DEN BROECK. Note préliminaire sur le niveau stratigraphique et la région d'origine de certains des blocs de grès quartzeux des plaines de la moyenne et de la basse Belgique	p.	91
T. C. MOULAN. Note préliminaire au sujet de la construc- tion des barrages des réservoirs d'alimentation	p.	100

Annexe.

A. ERENS. Notice biographique sur Casimir Ubaghs	p.	102
--	----	-----

Séance mensuelle du 30 juillet 1895.

Programme de l'excursion dans le Boulonnais	p.	109
V. LECHIEN. Découverte d'un nouvel Ichthyosaure à Arlon	p.	110
A. RUTOT. Asschien et Tongrien	p.	112
L. DOLLO. Evolution des écailles chez les Poissons (<i>Résumé</i>)	p.	113
F. SACCO. Essai sur l'orogénie de la Terre	p.	113
L. DOLLO. T. H. Huxley (1825-1895)	p.	115
L. DOLLO. Qu'est-ce qu'un Graptolite? (<i>Résumé</i>)	p.	115

Annexe.

- E. VAN DEN BROECK. Compte rendu sommaire de l'Excursion au Bolderberg et au gisement fossilifère de Waenrode p. 116

Séance mensuelle du 29 octobre 1895.

- L. DOLLO. Présentation d'un mémoire sur le *Miosiren Kocki* p. 147
 H. POHLIG. *Paidopithex Rhenanus* — le Singe anthropomorphe du Pliocène rhénan p. 149
 EUG. DUBOIS. Sur le *Pithecanthropus erectus* du Pliocène de Java p. 151
 Observations de M. Houzé relatives à la communication précédente de M. Eug. Dubois et discussion p. 158 à 160
 R. STORMS. Sur un *Cybiium* nouveau du terrain bruxellois (*Cybiium Proosti*) p. 160

Séance d'applications du 12 novembre 1895.

- E. VAN DEN BROECK. Quelques observations relatives à l'étude de M. Flamache sur la formation des grottes et des vallées souterraines (*Résumé*). p. 163
 A. RUTOT et E. VAN DEN BROECK. Lecture d'extraits des principaux traités de Géologie et d'Hydrologie, fournissant l'opinion des maîtres de la Science sur la question de l'hydrologie des calcaires p. 165

Séance mensuelle du 26 novembre 1895.

- ED. BERNAYS. Une coquille nouvelle (*Capulus fallax*) pour les sables à « *Isocardia Cor* » d'Anvers p. 174
 H. ARCTOWSKI. Quelques remarques sur l'intérêt qu'offre pour la Géologie l'exploration des régions antarctiques p. 175
 E. VAN DEN BROECK. Les Mistpoeffers, ou détonations mystérieuses de la Mer du Nord et les Barisal Guns du Delta du Gange. — Appel aux observateurs. (Première note) (*Résumé*). p. 177
 X. STAINIER. Un dépôt d'argile plastique d'Andenne à Laroche (Ardenne) p. 178

X. STAINIER. Matériaux pour la Faune du Houiller de Belgique. (Quatrième note). — (<i>Résumé</i>) . . .	p.	181
---	----	-----

Annexe.

E. VAN DEN BROECK. Les Mistpoeffers, ou détonations de la Mer du Nord et des régions terrestres et maritimes circonvoisines, et les Barisal Guns, du Delta du Gange	p.	182
---	----	-----

Assemblée générale annuelle du 24 décembre 1895.

M. LE PRÉSIDENT. Rapport annuel pour 1895 . . .	p.	200
Approbation des comptes de l'année 1895 et rapport du Trésorier	p.	206
Budget de 1896	p.	208
A. HANKAR. Compte rendu sommaire de la Session extraordinaire de 1895, dans le Boulonnais . . .	p.	208
Fixation du chiffre de la cotisation et des prix de vente et d'abonnement des publications	p.	210
Fixation des jours et heures des séances	p.	211
Session extraordinaire de 1896 et programme des excursions de l'année	p.	211
Décisions du Conseil	p.	212
Elections	p.	212
Décisions prises en vue du X ^e anniversaire de la fondation de la Société	p.	213
Composition du Bureau et du Conseil pour l'année 1896. . .	p.	215

MÉMOIRES

C. KLEMENT. Sur l'origine de la dolomie dans les formations sédimentaires	p.	3
STANISLAS MEUNIER. Etude critique sur l'extension des anciens glaciers dans l'Europe occidentale.	p.	24
FEDERICO SACCO. Les rapports géo-tectoniques entre les Alpes et les Apennins	p.	33
Dr J. LORIÉ. Contributions à la géologie des Pays-Bas. — Les métamorphoses de l'Escaut et de la Meuse.	p.	50
L. DOLLO. Sur la phylogénie des Dipneustes	p.	79
FERD. BÉCLARD. Les Spirifères du Coblenzien belge	p.	129
THÉOD. VERSTRAETEN. Hydrologie des bassins rocheux de Belgique. — Examen des opinions contradictoires émises à ce sujet	p.	241
FERD. BÉCLARD. Catalogue synonymique et critique des Spirifères du Devonien inférieur	p.	260
A. RUTOT. Note sur quelques points nouveaux de la Géologie des Flandres	p.	289
Dr TH. ROME. De l'hydrographie souterraine dans les terrains calcaires	p.	320
A. FLAMACHE. Sur la formation des grottes et des vallées souterraines	p.	355
E. VAN DEN BROECK. Sur le mode de formation des grottes et des vallées souterraines. — Réponse à la note critique de M. A. Flamache.	p.	368
X. STAINIER. Matériaux pour la Faune du Houiller de Belgique, 4 ^e Note	p.	416
A. HANKAR. Compte rendu de la Session annuelle extraordinaire de 1895, tenue dans le Nord de la France et dans le Boulonnais, du 17 au 26 août :	p.	527

TRADUCTIONS ET REPRODUCTIONS

T. C. CHAMBERLIN. Les puits artésiens. — Considérations pratiques au sujet de leur établissement. — Traduit de l'anglais	p.	3
--	----	---

TABLES, INDEX ET LISTES.

Liste générale des Membres de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie	p.	I
Bibliothèque de la Société :		
1 ^o Liste des ouvrages non périodiques reçus en don par la Société pendant l'année 1895	p.	XVI
2 ^o Liste des ouvrages périodiques reçus en échange par la Société pendant l'année 1895	p.	XVII
3 ^o Liste générale des échanges périodiques faits par la Société	p.	XXV
Désignations des fossiles nouveaux , décrits ou figurés dans le présent volume	p.	XXXI
Table des planches	p.	XXXII
Table des matières des communications scientifiques , disposées par ordre de chronologie géologique	p.	XXXIII
Table générale des matières contenues dans le Tome IX (1895) du Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie	p.	XXXVIII

ERRATA

PROCÈS-VERBAUX

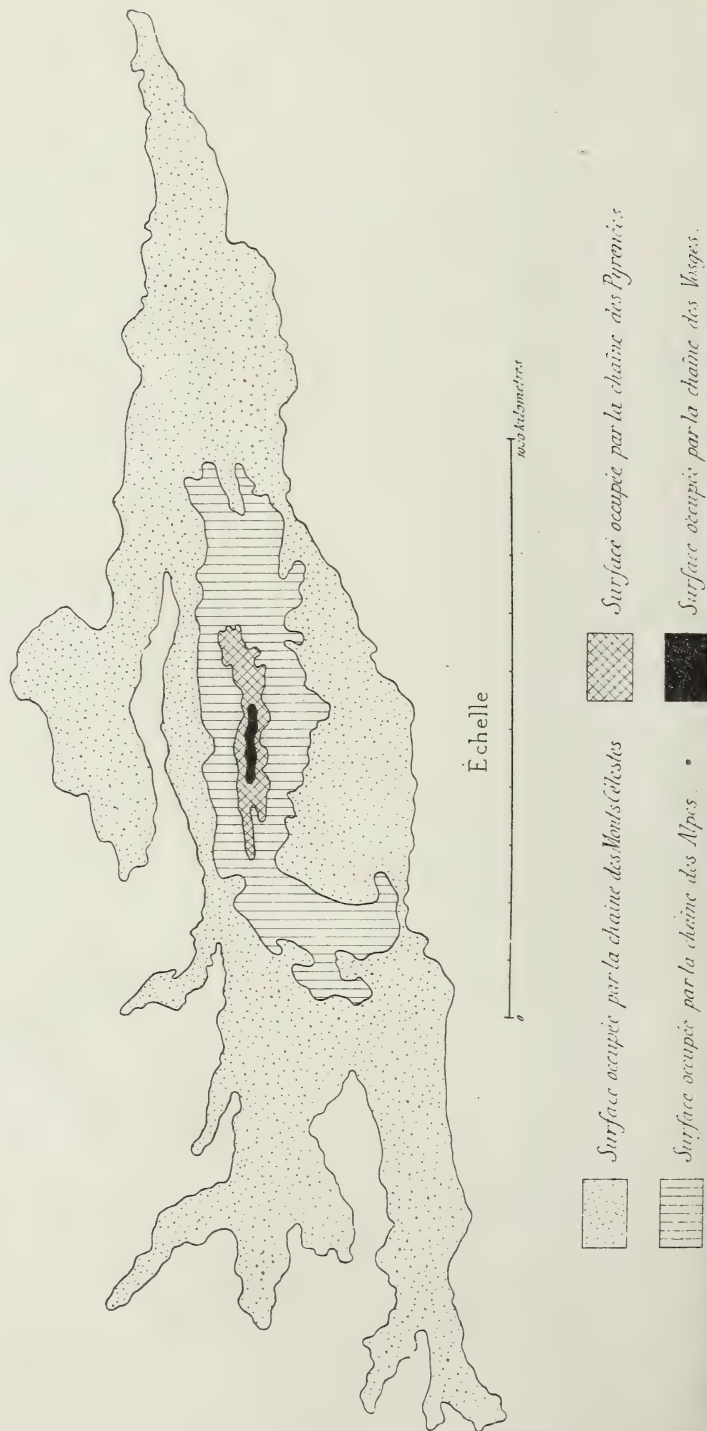
- P. 77, au titre : *Carte pluviométrique*, ajoutez : de M. A. Lancaster.
 P. 77, paragr. 6, ligne 2, au lieu de : représentée, lisez : figurée.
 P. 79, le tableau de chiffres final de gauche doit être surmonté du mot : Lancaster, celui de droite du mot : Hans. Les mots : Lancaster, intercalés, doivent être supprimés.
 P. 80, paragr. 4, ligne 1, au lieu de : faits, lisez : exécutés.
 P. 102, paragr. 3, ligne 3, au lieu de : Thuffkreide, lisez : Tuffkreide.
 P. 109, paragr. 3, ligne 1, au lieu de : Geogenetische, lisez : Geogenetische.
 P. 109, en regard du n^o 2071, au lieu de : Naturforschenden, lisez : Naturforschende.

MÉMOIRES

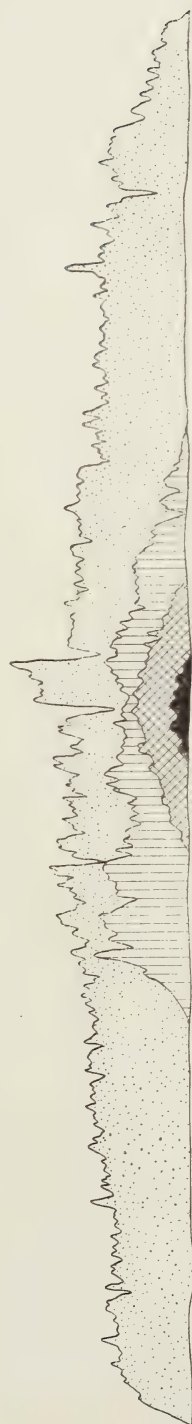
- P. 363, paragr. 2, ligne 3, au lieu de : fournies, lisez : formées.
 P. 368, paragr. 2, ligne 3, même correction.



COMPARAISON DES SURFACES RESPECTIVES DES MONTS CÉLESTES, DU
MASSIF DES ALPES, DE LA CHAÎNE DES PYRÉNÉES ET DES VOSGES.



COMPARAISON DES ALTITUDES RESPECTIVES DES MONTS CÉLESTES, DU MASSIF DES ALPES, DE LA CHAÎNE DES PYRÉNÉES ET DES VOSGES.



Echelle

100 kilomètres



Altitude de la chaîne des Monts Célestes



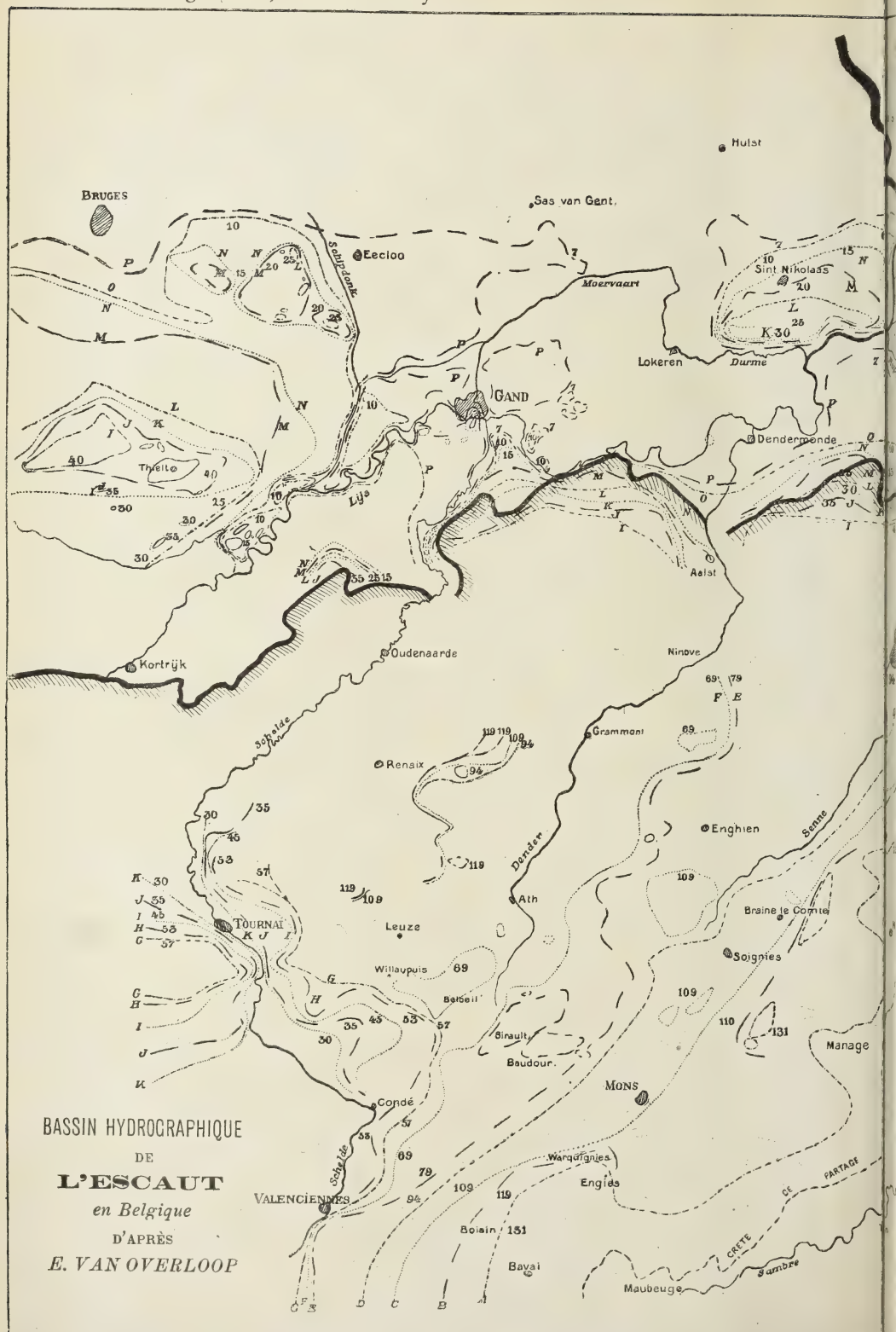
Altitude relative de la chaîne des Pyrénées

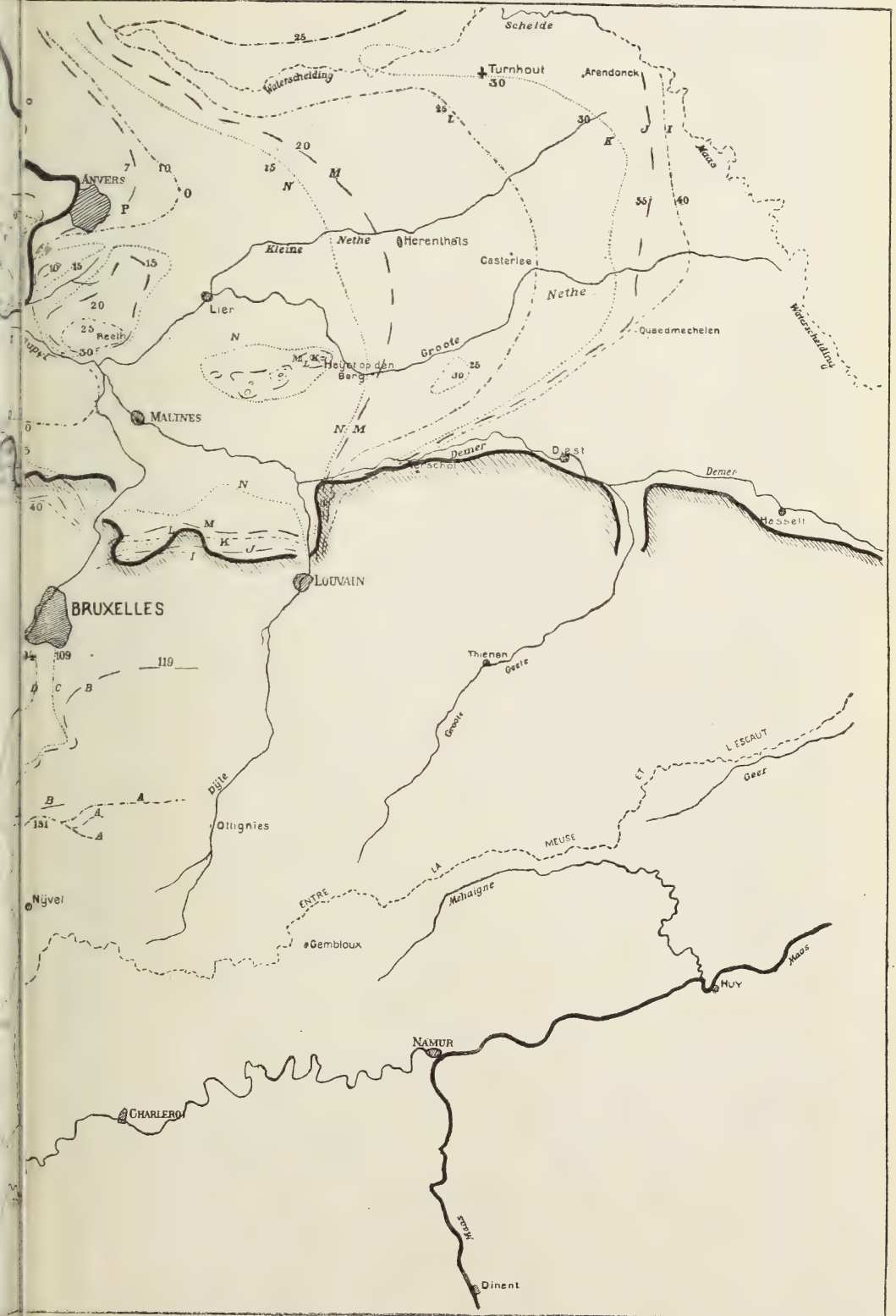


Altitude relative de la chaîne des Alpes



Altitude relative de la chaîne des Vosges





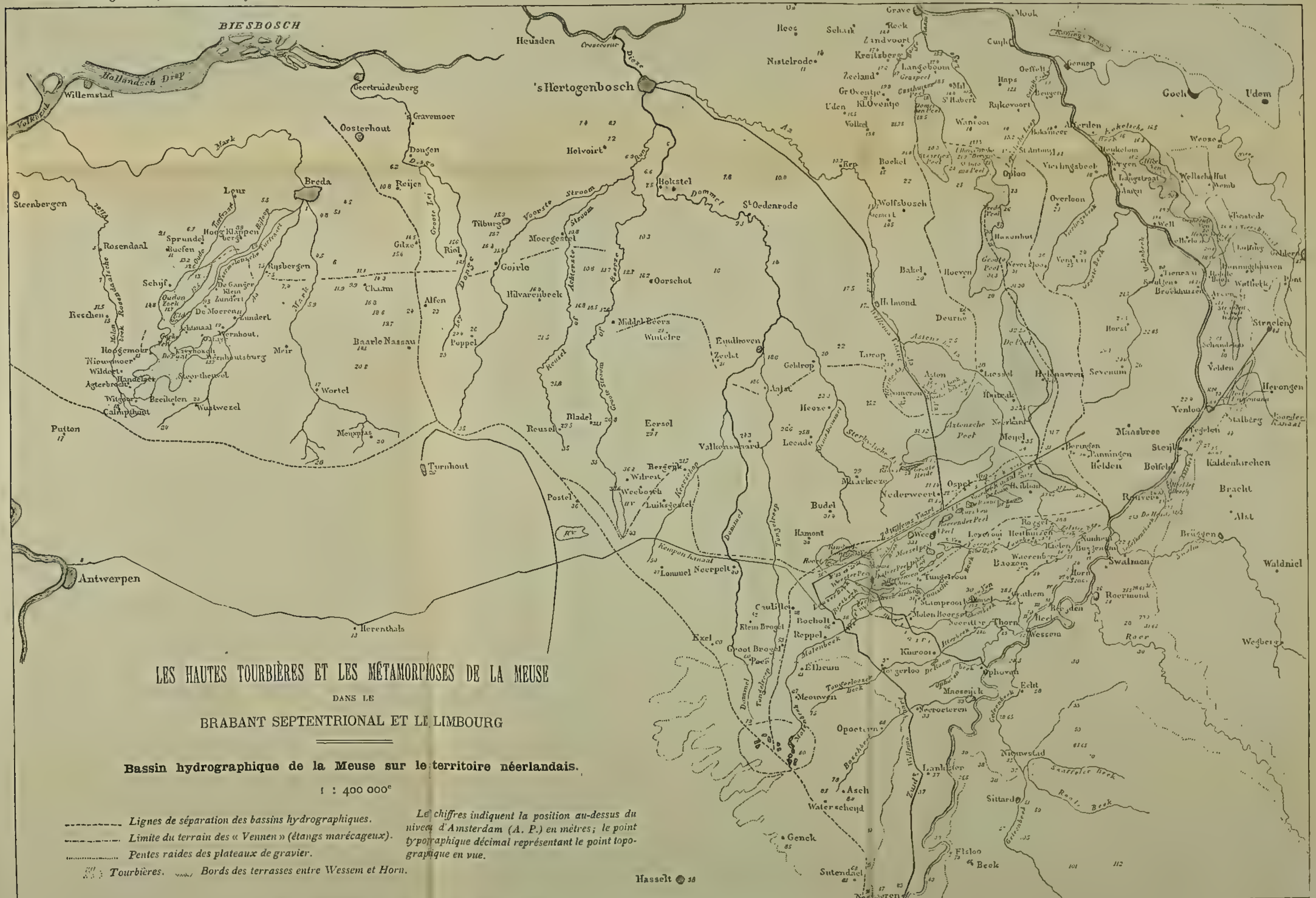




FIG. 1. — *Lepidostreus paradoxus*, Fritzsche. — Époque actuelle. — Pour montrer : le corps anguilliforme, la queue géphyrocercue, et l'excessive réduction des nageoires paires et impaires (celles-ci continues). — D'après M. E. R. F. I. anker.



FIG. 2. — *Protopterus annectens*, Owen. — Époque actuelle. — Afrique tropicale. — Pour montrer : le corps moins anguilliforme, la queue géphyrocercue, et la plus faible réduction des nageoires paires et impaires (celles-ci continues). — D'après J. E. Gray.



FIG. 3. — *Ceratodus Forsteri*, Krefft. — Époque actuelle. — Australie. — Pour montrer : le corps cylindrique et massif, la queue géphyrocercue et les nageoires impaires continues. — D'après M. A. Günther.



FIG. 4. — *Uronemus lobatus*, Agassiz. — Carbonifère inférieur. — Écosse. — Pour montrer : le corps cylindrique et massif, la queue géphyrocercue avec un dernier reste d'hétérocercue, et les nageoires impaires continues. — Figure originale de M. R. H. Traquair.



FIG. 5. — *Phaneropleuron Andersoni*, Huxley. — Dévonien supérieur (part. sup.). — Écosse. — Pour montrer : le corps cylindrique et massif, la queue géphyrocercue avec un reste plus sensible d'hétérocercue, et les nageoires impaires continues, sauf l'anale distincte. — D'après M. R. H. Traquair, avec corrections selon les indications de ce paléontologiste.



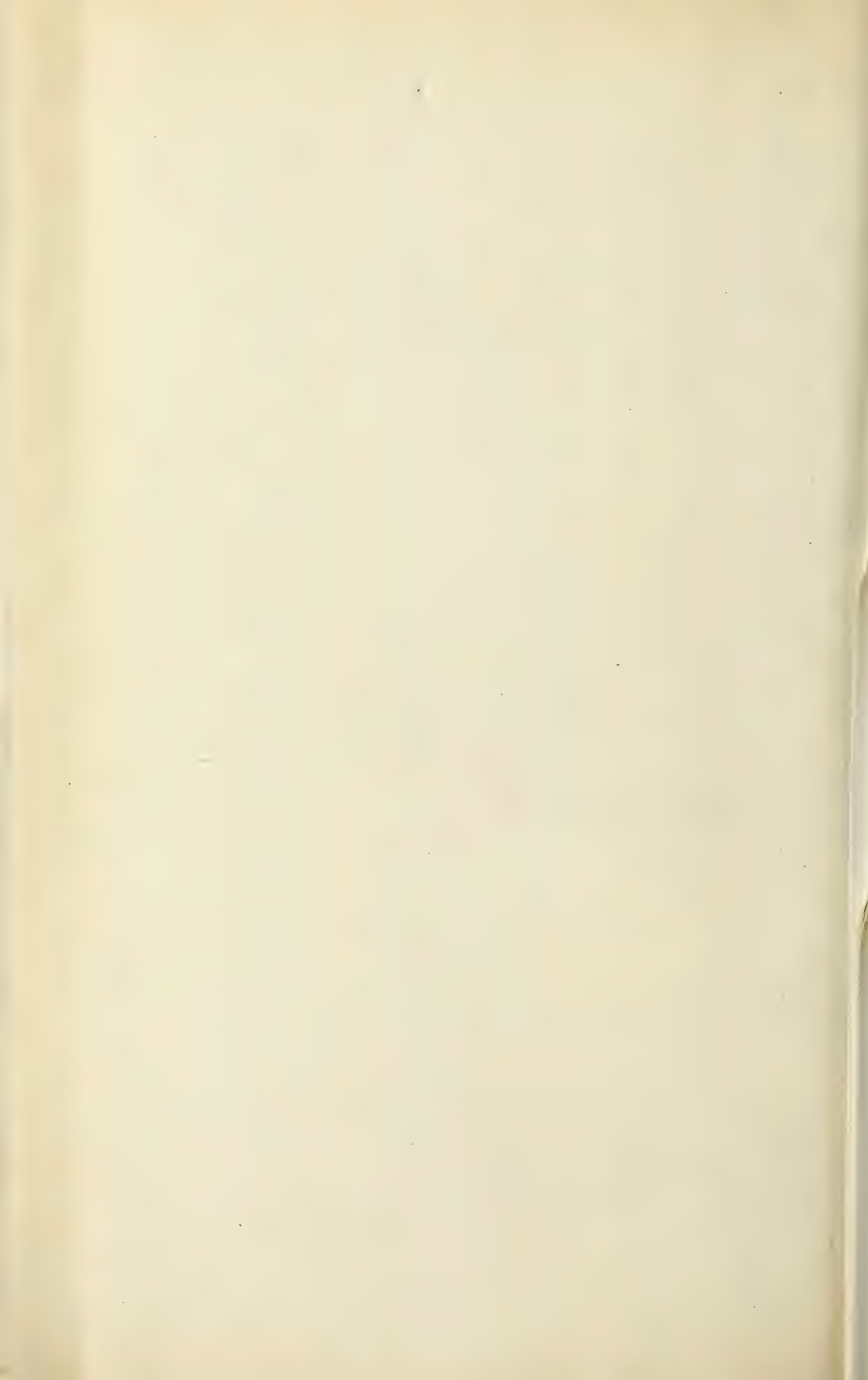
FIG. 6. — *Scaumenacia curta*, Whiteaves. — Dévonien supérieur (part. inf.). — Canada. — Pour montrer : le corps plus ou moins fusiforme, la queue hétérocercue avec tendance à la géphyrocercue, et les nageoires impaires discontinues (deux longues dorsales, la deuxième surtout). — Figure originale de M. R. H. Traquair.



FIG. 7. — *Dipterus macropterus*, Traquair. — Dévonien inférieur (part. sup.). — Écosse. — Pour montrer : le corps plus ou moins fusiforme, la queue hétérocercue avec légère tendance à la géphyrocercue, et les nageoires impaires discontinues (une courte dorsale et une longue dorsale). — Figure originale de M. R. H. Traquair.



FIG. 8. — *Dipterus Valencienensis*, Sedgwick et Murchison. — Dévonien inférieur (part. inf.). — Écosse. — Pour montrer : le corps fusiforme, la queue franchement hétérocercue et les nageoires impaires discontinues (deux courtes dorsales). — Figure originale de M. R. H. Traquair.



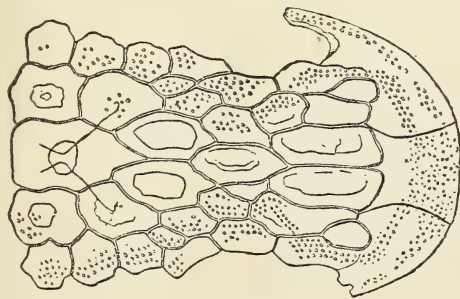


FIG. 1.

Dipterus Valenciennesi, Sedgwick et Murchison. — Pour montrer le grand nombre de pièces et le revêtement de ganoin du bouclier céphalique. — D'après C. H. Pander.

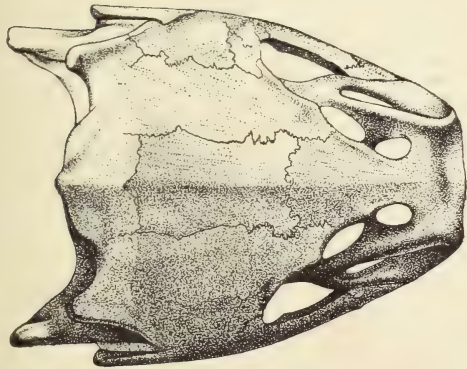


FIG. 2.

Ceratodus Forsteri, Krefft. — Pour montrer la réduction du nombre des pièces et la disparition de la ganoin du bouclier céphalique. — D'après M. A. Günther.

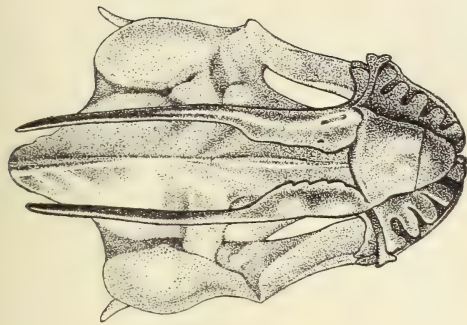


FIG. 3.

Lepidosiren paradoxa, Fitzinger. — Pour montrer l'atrophie du bouclier céphalique, réduit à deux minces languettes. — D'après Th. L. W. Bischoff.

LOUIS DOLLO. — CRANE DES DIPNEUSTES.

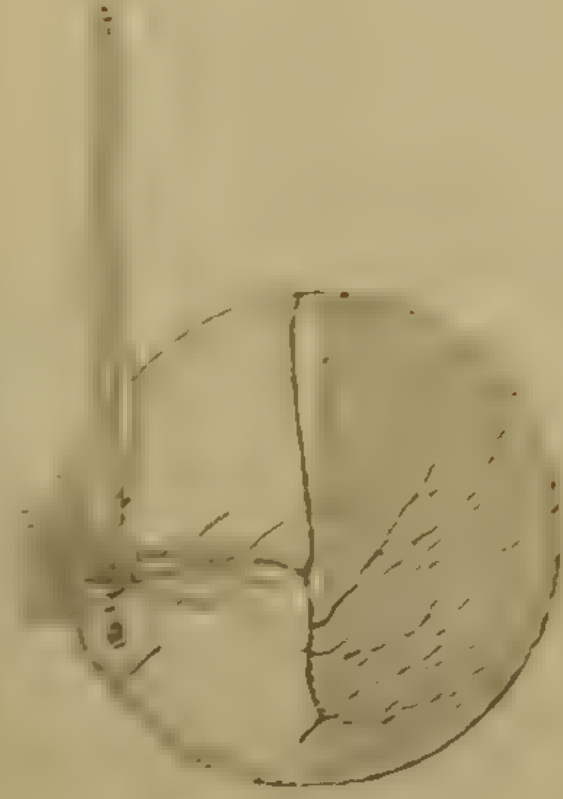


FIG. 1. — **Rale**, embryon (gr. nat.). — **O. diphy-**
cerque
D'après F. A. Rale.



FIG. 4. — **Lepidosteus**, plus âgé (200 mm.)
O. hétérocerque
A Deuxième anale
C Caudale

La deuxième anale, par son développement excessif, a
refoulé la caudale dorsalement. — D'après M. A. Agassiz.



FIG. 2. — **Lepidosteus**, au sortir de l'œuf (8 m m.). — **Queue diphyocerque**.
D'après M. A. Agassiz.



FIG. 3. — **Lepidosteus**, âgé d'un mois (25 mm.), nageant. — **Queue diphyocerque**.
La deuxième anale, déjà très développée, est contiguë à la caudale. — D'après M. A. Agassiz.



FIG. 5. — **Pleuronectes americanus**, Walbaum (Artedi). — **Queue diphyocerque**
Quelques jours après l'éclosion (4 mm.). — D'après M. A. Agassiz.



FIG. 6. — **Pleuronectes americanus**, Walbaum (Artedi). — **Queue hétérocerque**.
Plus âgé (7 mm.). — D'après M. A. Agassiz.

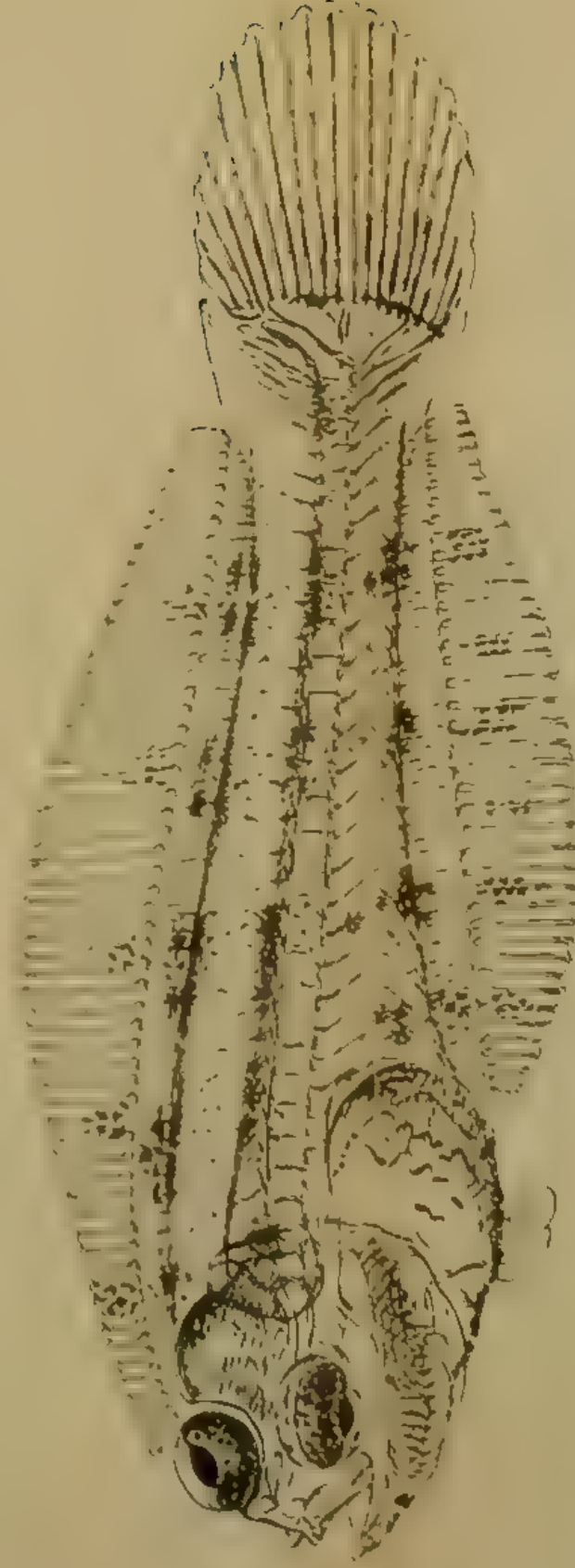


FIG. 7. — **Pleuronectes americanus**, Walbaum (Artedi). — **Queue homocerque**
Encore plus âgé (18 mm.). — La forme est droite, mais on l'a retournée, pour faciliter la comparaison. —
D'après M. A. Agassiz.

LOUIS DOLLO. — ONTOGÉNIE DE LA QUEUE DES POISSONS.



FIG. 1. — *Glyptolemus Kinnairdi*, Huxley. — *Queuo géphyrocerque*
Crossoptérygien ostéolepidien, à tendance anguilliforme. — D'après T. H. Huxley.



FIG. 2. — *Osteolepis macrolepidotus*, Agassiz. — *Queuo hétérocerque*.
Crossoptérygien ostéolepidien. — Dévonien inférieur. — Écosse. — D'après C. H. Pander.

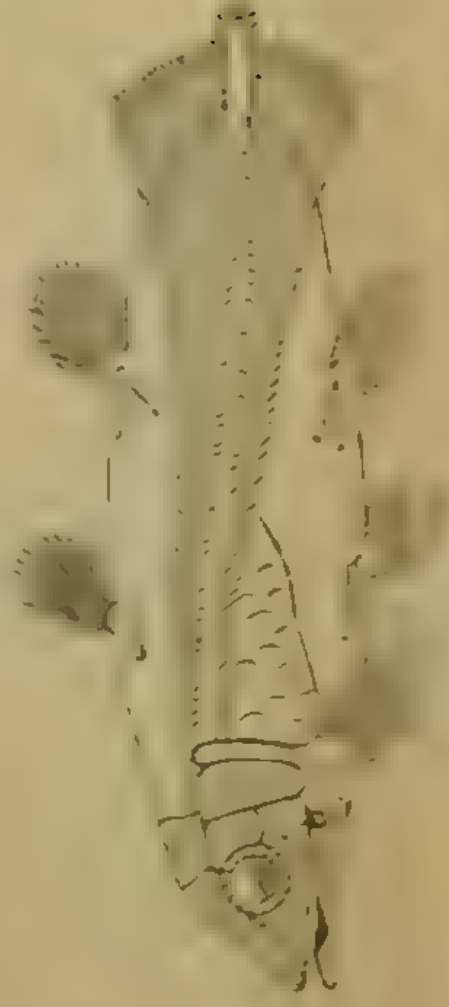


FIG. 3. — *Undina gulo*, Egerton. — *Queue géphyrocerque*.
Crossoptérygien cœlacanthinien. — Jurassique. — Angleterre. — D'après M. A. S. Woodward.

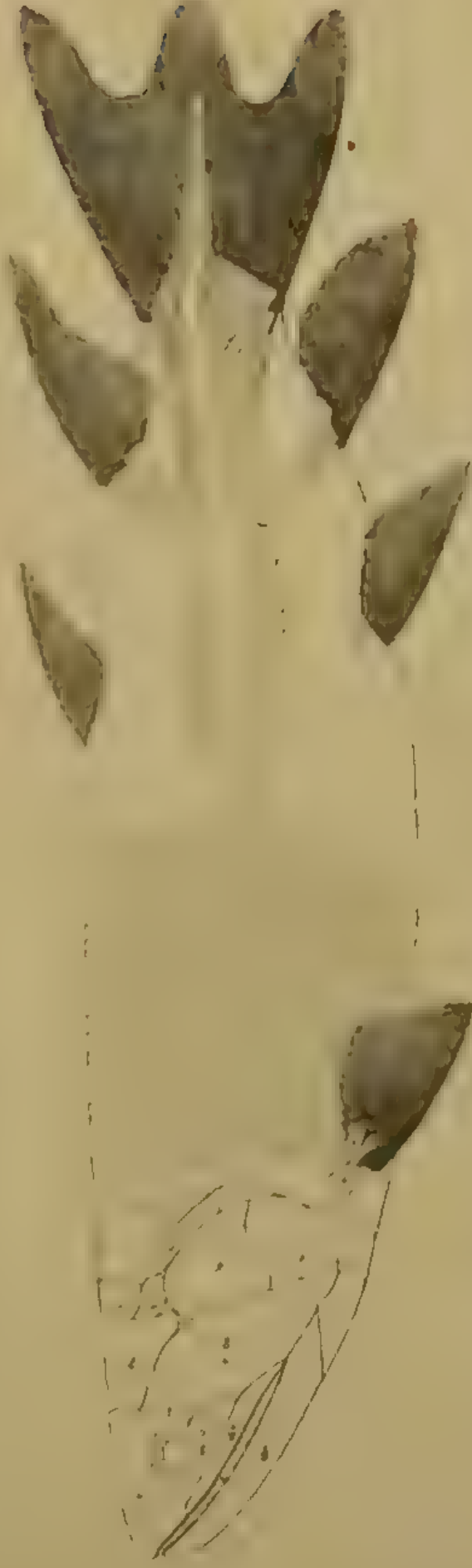


FIG. 4. — *Eusthenopteron Foordi*, Whiteaves. — *Queue géphyrocerque*.
Crossoptérygien rhizodonte. — Dévonien supérieur. — Canada. — D'après M. J. F. Whiteaves.

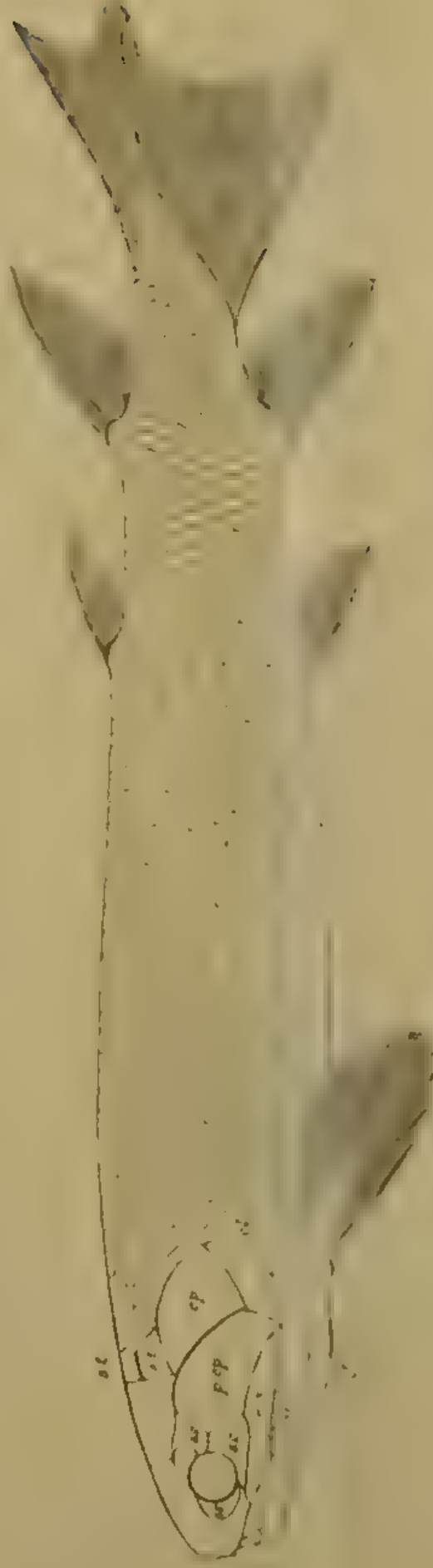


FIG. 5. — *Tristichopterus alatus*, Egerton. — *Queue hétérocerque*.
Crossoptérygien rhizodonte. — Dévonien inférieur. — Écosse. — D'après M. R. H. Traquair.



FIG. 6. — *Calamolechthys calabaricus*, Smith. — *Queue géphyrocerque*.
Crossoptérygien anguilliforme. — Époque actuelle. — Vieux Calabar. — D'après J. A. Smith.



FIG. 7. — *Polypterus bichir*, Geoffroy St-Hilaire. — *Queue géphyrocerque*.
Crossoptérygien à tendance anguilliforme. — Époque actuelle. — Afrique tropicale. — D'après A. Duméril.

LOUIS DOLLO. — GÉPHYROCERCIE DES GANOÏDES.



FIG. 1. — *Cynoglossus potous*, Bleeker. — Queue géphyrocerque.
Pleuronectide très spécialisé. — Époque actuelle. — Océan indien. — D'après P. Bleeker.



FIG. 2. — *Psettodes erumel*, Bloch (Schneider). — Queue homocerque.
Pleuronectide resté primitif. — Époque actuelle. — Océan indien. — D'après P. Bleeker.

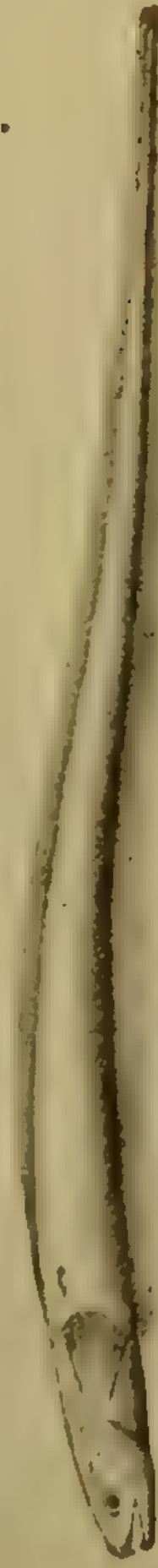


FIG. 3. — *Fierasfer dentatus*, Cuvier. — Queue géphyrocerque.
Physoclyste anguilliforme. — Époque actuelle. — Méditerranée. — D'après M. C. Emery.

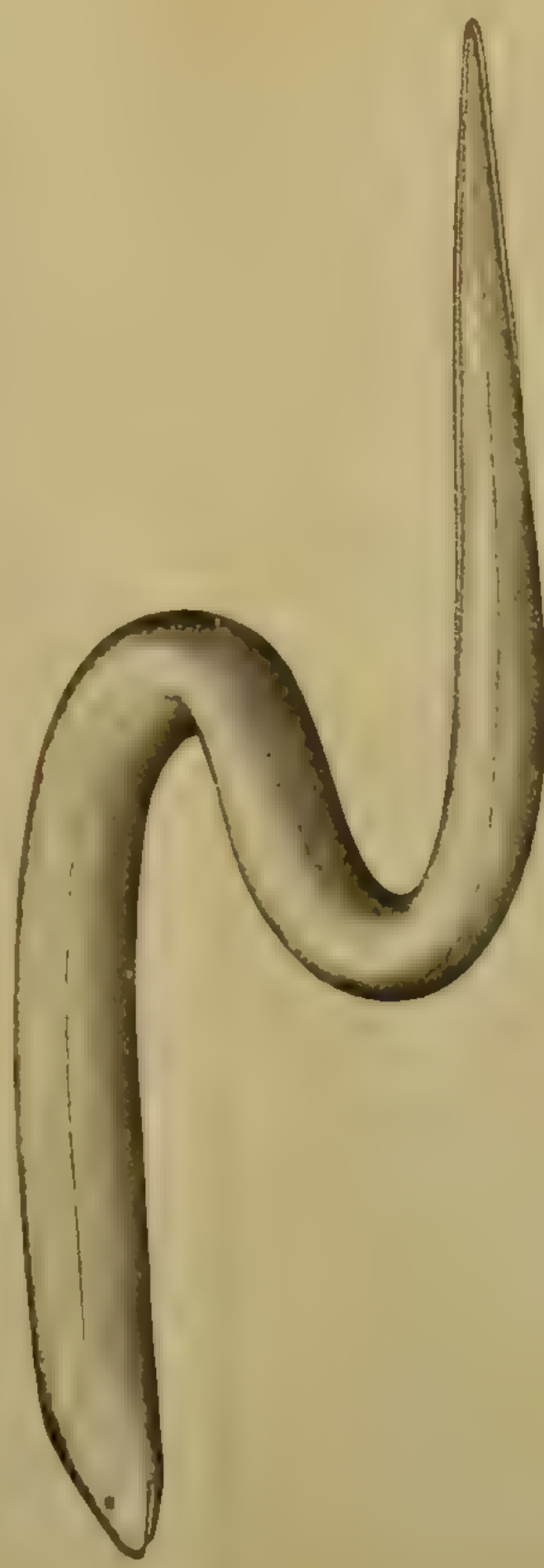


FIG. 4. — *Symbranchus marmoratus*, Bloch. — Queue géphyrocerque.
Physoclyste anguilliforme. — Époque actuelle. — Amérique tropicale (accompagne *Lepidosiren* dans son habitat naturel).



FIG. 5. — *Rhamphichthys Blochii*, Kaup. — Queue géphyrocerque.
Physostome anguilliforme. — Époque actuelle. — Amérique méridionale (accompagne *Lepidosiren* dans son habitat naturel). — D'après un croquis de M. G. A. Boulenger.



FIG. 6. — *Anguilla vulgaris*, Turton. — Queue géphyrocerque.
Physostome. — Époque actuelle. — Hémisphère septentrional.

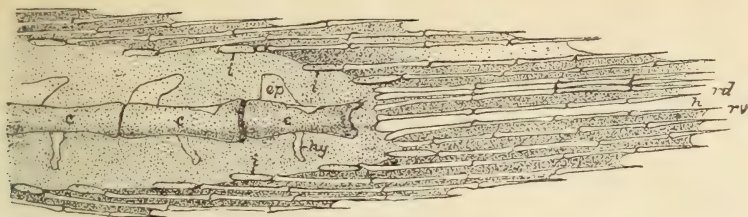


FIG. 1. — **Fierasfer dentatus**, Cuvier. — **Physoclyste**.

Pour montrer l'avortement de l'extrémité terminale de la queue homocerque ancestrale. — D'après M. C. Emery.

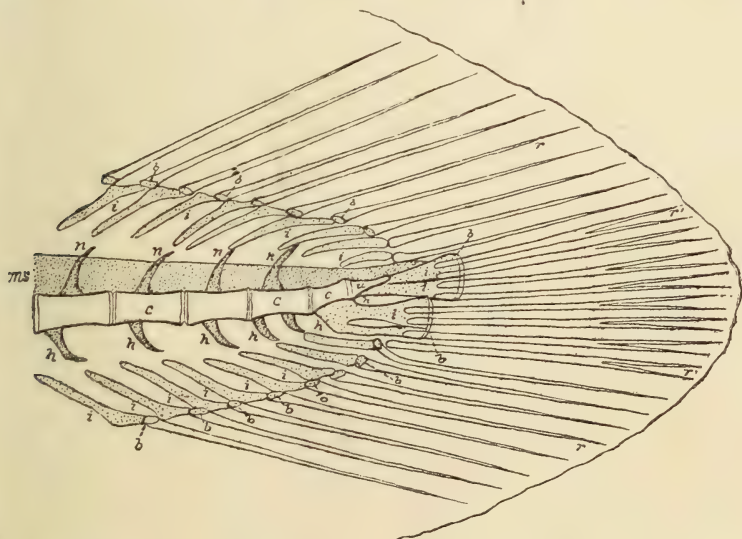


FIG. 2. — **Anguilla vulgaris**, Turton. — **Physostome**.

Pour montrer la structure, témoignant de l'état ancestral homocerque. — D'après J. A. Ryder.

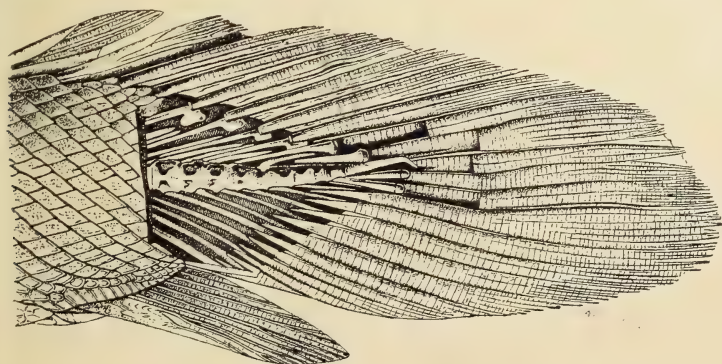
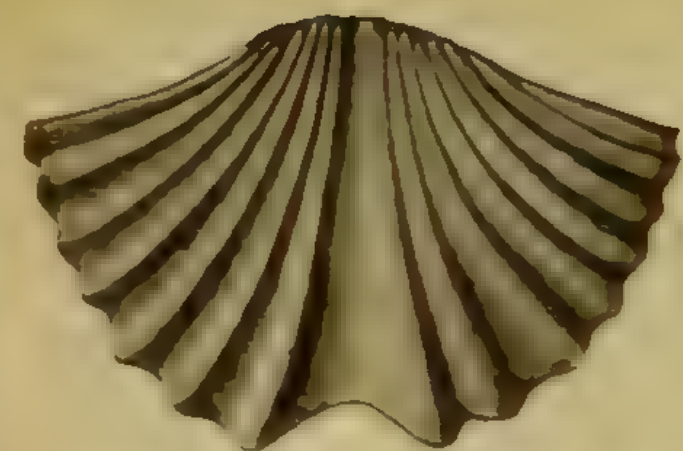


FIG. 3. — **Polypterus bichir**, Geoffroy St Hilaire. — **Ganoïde**.

Pour montrer le relèvement de la colonne vertébrale, témoignant de l'état ancestral hétérocerque. — D'après M. A. Kölliker.





I. Figure du *Sp. primævus*, de la Grauwacke de Herdorf. — STEINER, 1853.



II. Figure attribuée au *Sp. macropterus*, de la Grauwacke de Herdorf. — C. F. REICHERT, 1844.

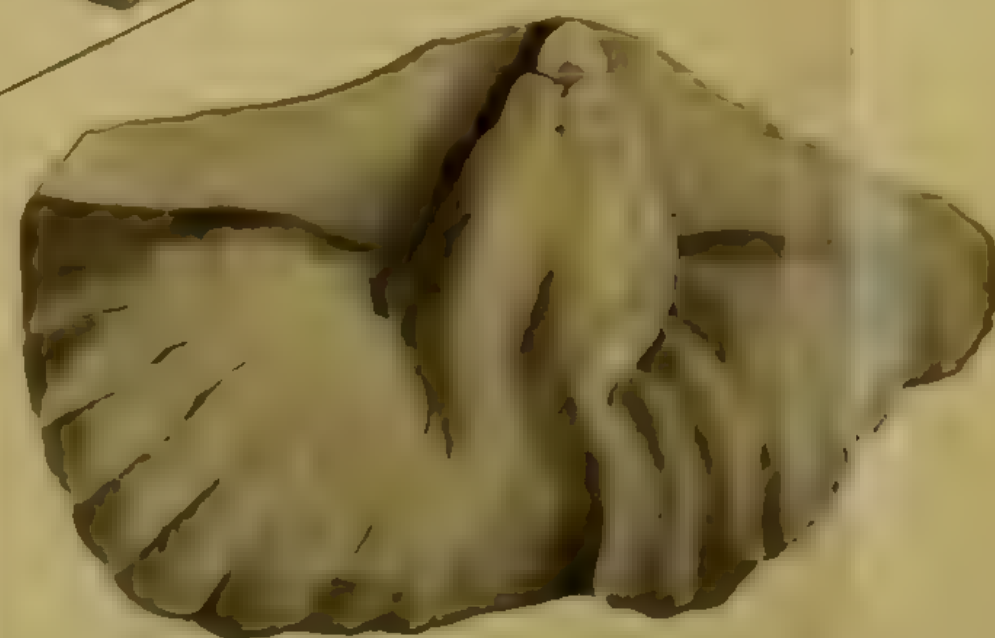


III. Figures du *Sp. socialis* de la Grauwacke de Meuzenberg. — KAYSER, 1857.

V. Figures attribuées au *Sp. paradoxoides* de la Grauwacke de Herdorf. — REICHERT, 1844.



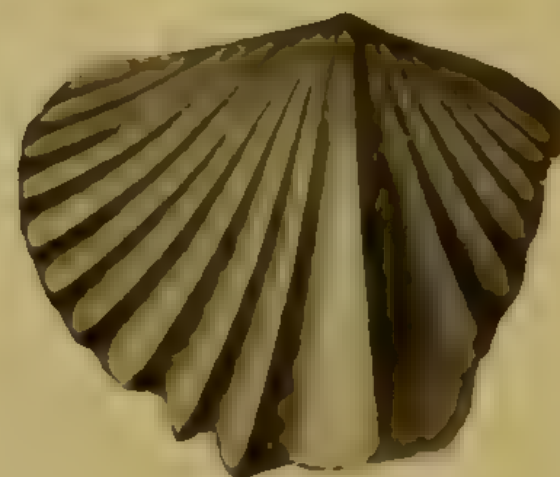
VIII. Figures du *Sp. primævus* du Devonien inférieur du Harz. — REICHERT, 1844.



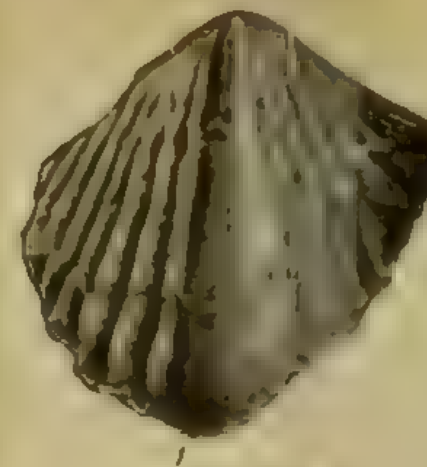
IV. Figure attribuée au *Sp. cultrifragatus* du Devonien inférieur de Lüne (Cornwall). — DAY, 1845.



VI. Figures du *Sp. Decheni*, du Devonien inférieur de Joachimskopf. — F. KAYSER, 1878.



VII. Figure du *Sp. Decheni*, du Calcaire d'Erbray. — CH. BARROIS, 1889.



1, 2, 2a. — Figures attribuées, avec doute, au *Sp. Decheni*, du Coblentzien de St-Michel. — F. BÉCLARD, 1887.



3a



Figs. 3, 3a. — Figures du *Sp. Beaujeani*, du Coblentzien de St-Michel. — F. BÉCLARD, 1887.

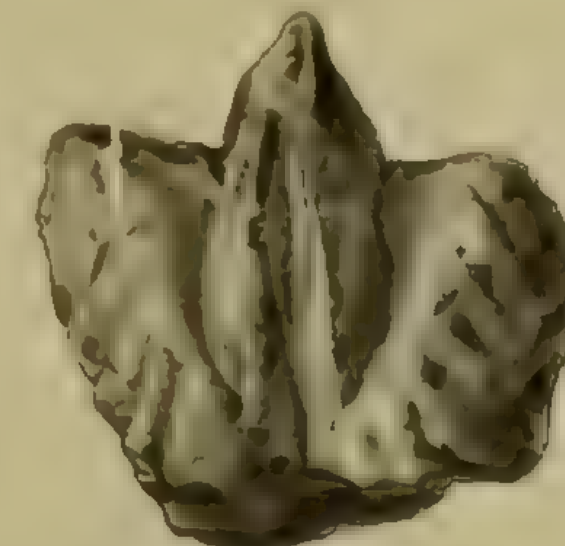


Fig. 5. HUNSÜCKIEN de St-Michel.



Figs. 4, 4a. HUNSÜCKIEN de St-Michel.



Fig. 12. TAUNUSIEN, Feuille de Couvin, n° 8724.



Fig. 7. TAUNUSIEN. — Feuille de Couvin, n° 8724.



Fig. 8. TAUNUSIEN. — Feuille de Couvin, n° 8724.



Fig. 9. TAUNUSIEN. — Feuille de Couvin, n° 8724.



Fig. 10. TAUNUSIEN. — Feuille de Couvin, n° 8724.



Fig. 6. TAUN. — F. de Couvin, n° 8724.



Fig. 11. TAUN. — F. de Couvin, n° 8724.

SPECIMENS BELGES DES COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL DE BRUXELLES

SPECIMENS DE L'ÉTRANGER





I. Figures du *Sp. hystericus*,
de la Grauwacke de Kaysersteinel. — SCHLOTHEIM, 1820.
Type.



II. Figures du *Sp. micropterus* = *hystericus*,
de la Grauwacke de Kaysersteinel. — SOWERBY, 1841.



III. Figures du *Sp. Rousseau*,
du Devonien inférieur de l'Espagne. — DE VERNEUIL, 1852.



IV. Figures du *Sp. carinatus*,
de la Grauwacke de Daleiden. — SCHNUR, 1853.



V. Figure du
Sp. carinatus = *hystericus*,
de la Grauwacke de
l'Eifel. — QUENSTEDT, 1871.



VI. Figure attribuée au
Sp. hystericus, de la
Grauwacke de Dillenburg. —
QUENSTEDT, 1871.



VIII. Figures du *Sp. hystericus*,
du Devonien inférieur des Asturies. —
BARROIS, 1882.



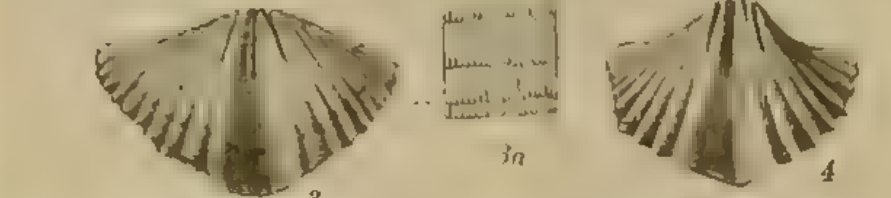
VII. Figures attribuées au *Sp. Venus*,
du Devonien inférieur de Néhou. — BAYLE, 1878.



IX. Figures du *Sp. Venus*, du Devonien inférieur
de Saint-Jean-sur-Mayenne. — OEHLERT, 1884.



Figs. 1, 1a, 1b, 2. — Hunsrück de St. Michel.



Figs. 3, 3a et 4. TAUNUSIEN. — Feuille de Couvin, n° 8724.



Figs. 5 à 10 TAUNUSIEN. — F. Couvin, n° 8724
Spirifer hystericus Gosseleti, Beclard



Figs. 11 a-c. BURNOTIEN. — Feuille de
Roche fort, n° 8665.

Figs. 12 a-c. BURNOTIEN. —
Feuille de Grupont, n° 8700.



Fig. 13. BURNOTIEN. — Feuille de
Roche fort, n° 8665.

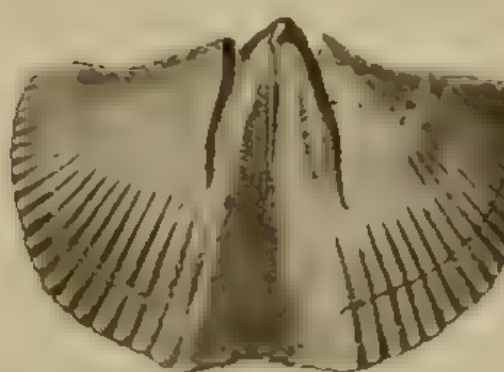


Fig. 15. BURNOTIEN — F. de Roche fort, n° 8665.

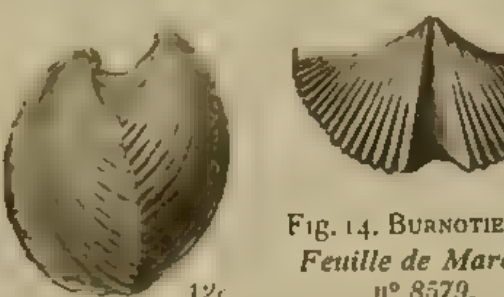


Fig. 14. BURNOTIEN. —
Feuille de Marche,
n° 8579.



Figs. 16, 16a. BURNOTIEN. — Feuille de
Roche fort, n° 8665.



Fig. 1. BURNOTIEN. — F. de Olloy, n° 8969.



Figs. 2, 2a. BURNOTIEN. — F. de Roche fort, n° 8649.



Figs. 3, 3a. BURNOTIEN. — F. de Grupont, n° 8686.



Fig. 4. BURNOTIEN. — F. de Roche fort, n° 8649.



Fig. 5. BURNOTIEN. — F. de Marche, n° 8536.



Fig. 6. BURNOTIEN. — F. de Grupont, n° 8663.



Fig. 7. BURNOTIEN. — F. de Roche fort, n° 8665.

SPÉCIMENS BELGES
DES COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL
DE BRUXELLES



I. Figure du *Sp. daleidensis*,
de la Grauwacke de Daleiden. —
KAYSER, 1849.



II Figure attribuée au *Sp. canaliculus*,
de la Grauwacke de Daleiden. —
SCHNUR, 1853.



III. Figures du *Sp. Jouberti*,
du Devonien inférieur de la Sarthe. —
OEHLERT et DAVOUST, 1879.

SPÉCIMENS
DE L'ÉTRANGER



Fig. 2. BURNOTIEN. — Feuille
de Grupont, n° 8700



Figs. 1, 1a. BURNOTIEN. —
Feuille de Grupont, n° 8648.



Figs. 3, 3a, 3b. BURNOTIEN. — Feuille de Grupont, n° 8700.



Fig. 5. HUNSRÜCKIEN
de St. Michel.



Figs. 6, 6a et 7. TAUNUSIEN. — Feuille de Couvin, n° 8724.

SPÉCIMENS BELGES DES COLLECTIONS
DU MUSÉE ROYAL DE BRUXELLES
V. LEPEYRE AD. NAT. DEL.

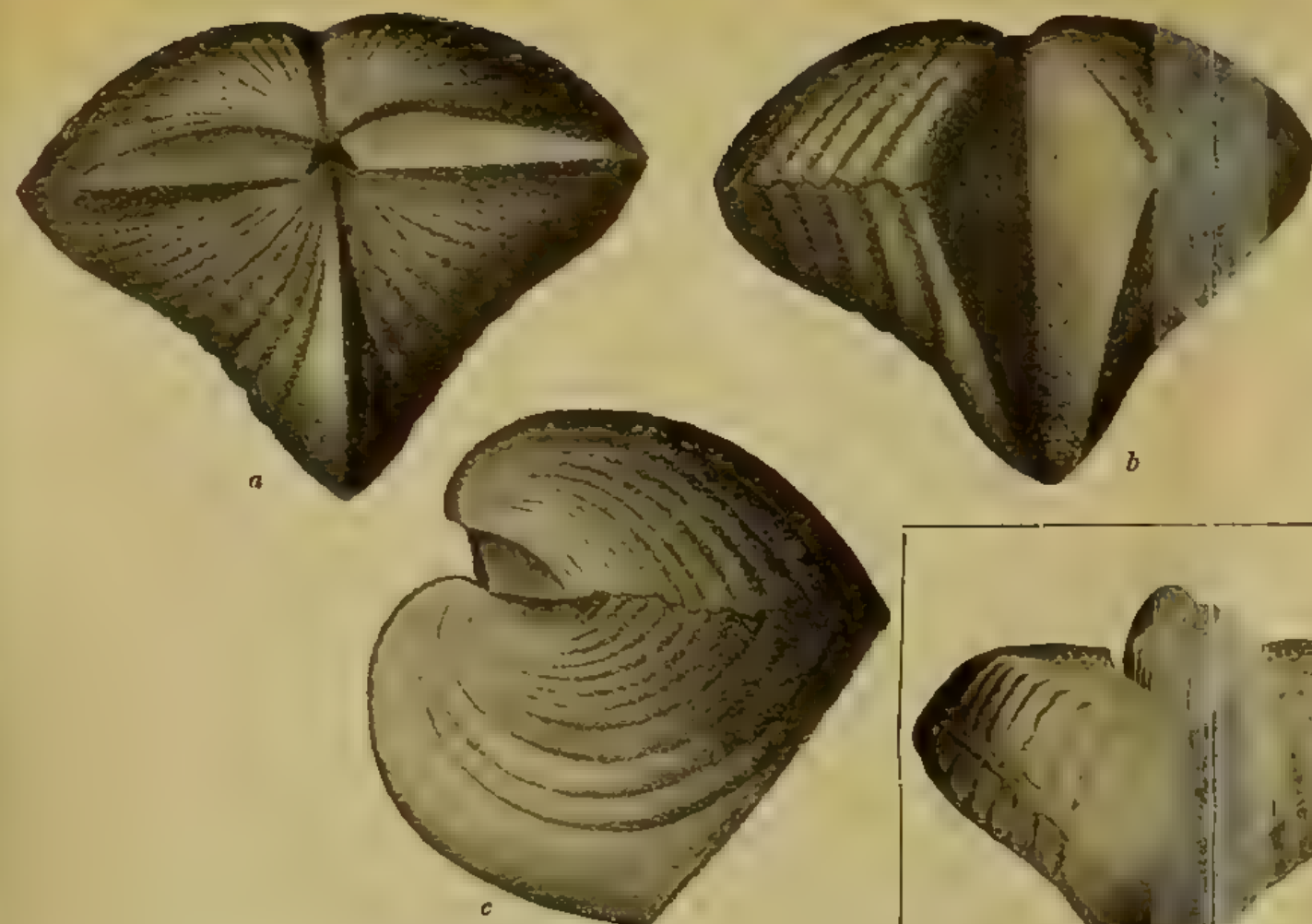
SPÉCIMENS DE L'ÉTRANGER

SPÉCIMENS BELGES DES COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL
DE BRUXELLES

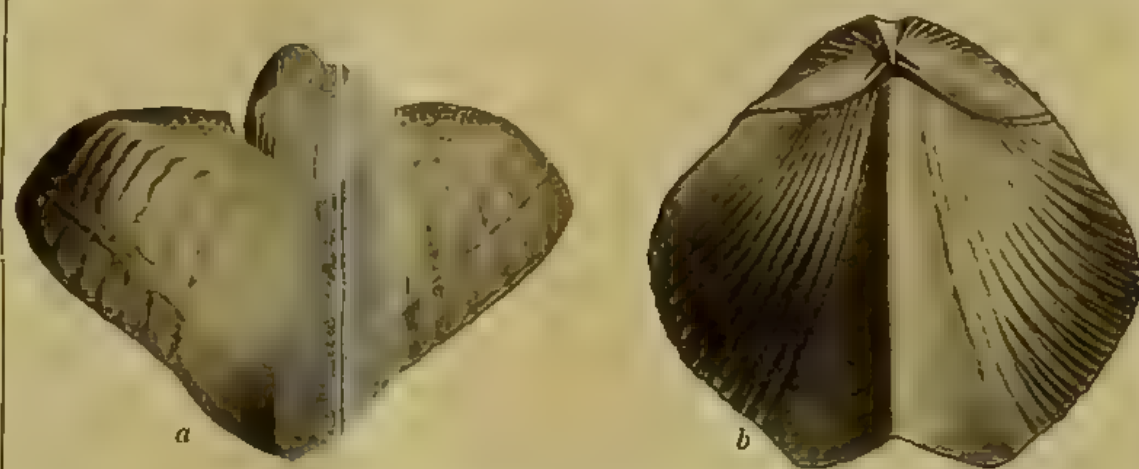
SPIRIFER HYSTERICUS. Schlotheim.

SP. ARDUENNENSIS, Schnur.

SPIRIFER DALEIDENSIS, Steinger.

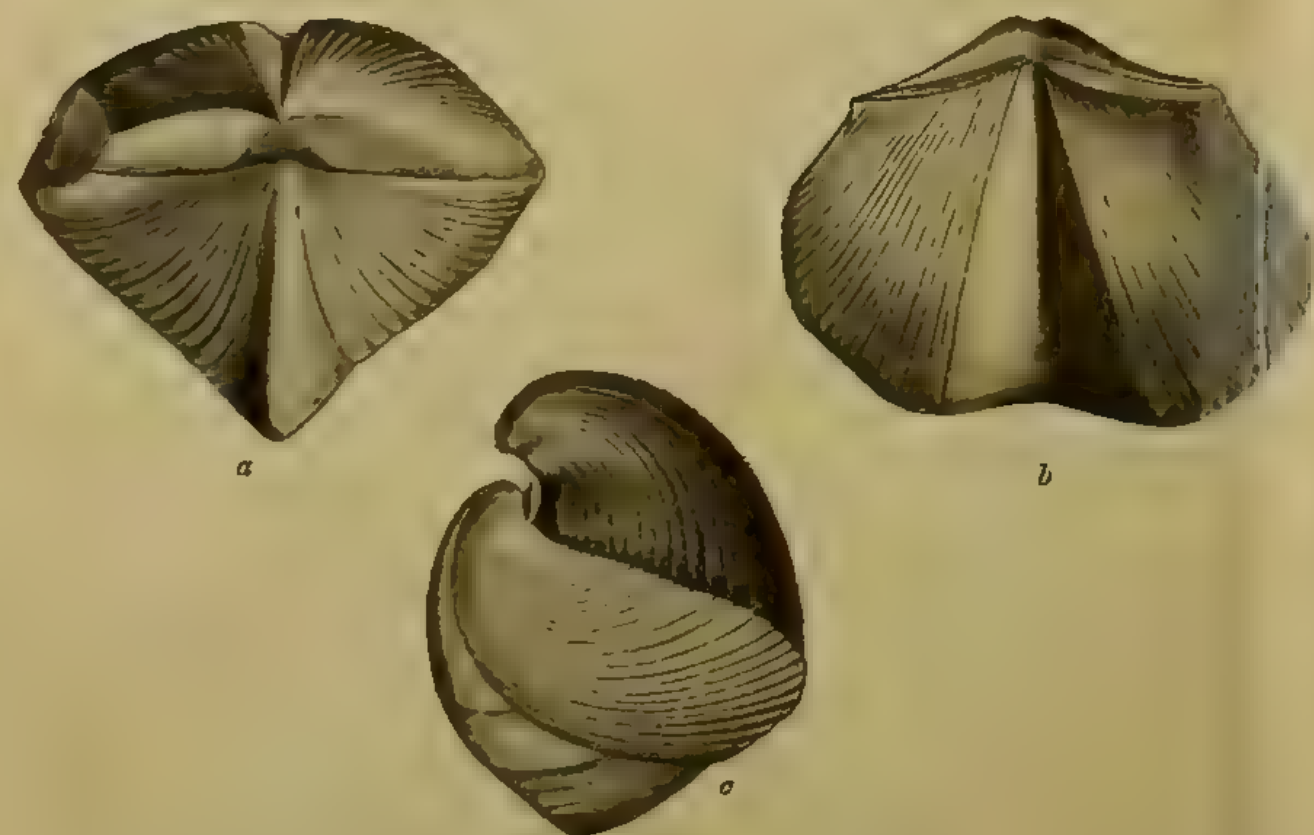


I. Figures du *Sp. cultrijugatus*, du Calcaire de l'Eifel. — C.-F. ROEMER, 1844. TYPE.



III. Figure du *Sp. cultrijugatus*, du Calcaire d'Arno. — CH. BARROIS, 1882.

IV. Figures du *Sp. cultrijugatus*, a. Mould de la Grand Calcaire, b. Coquille du Calcaire de l'Eifel. — QUENSTEDT, 1871.

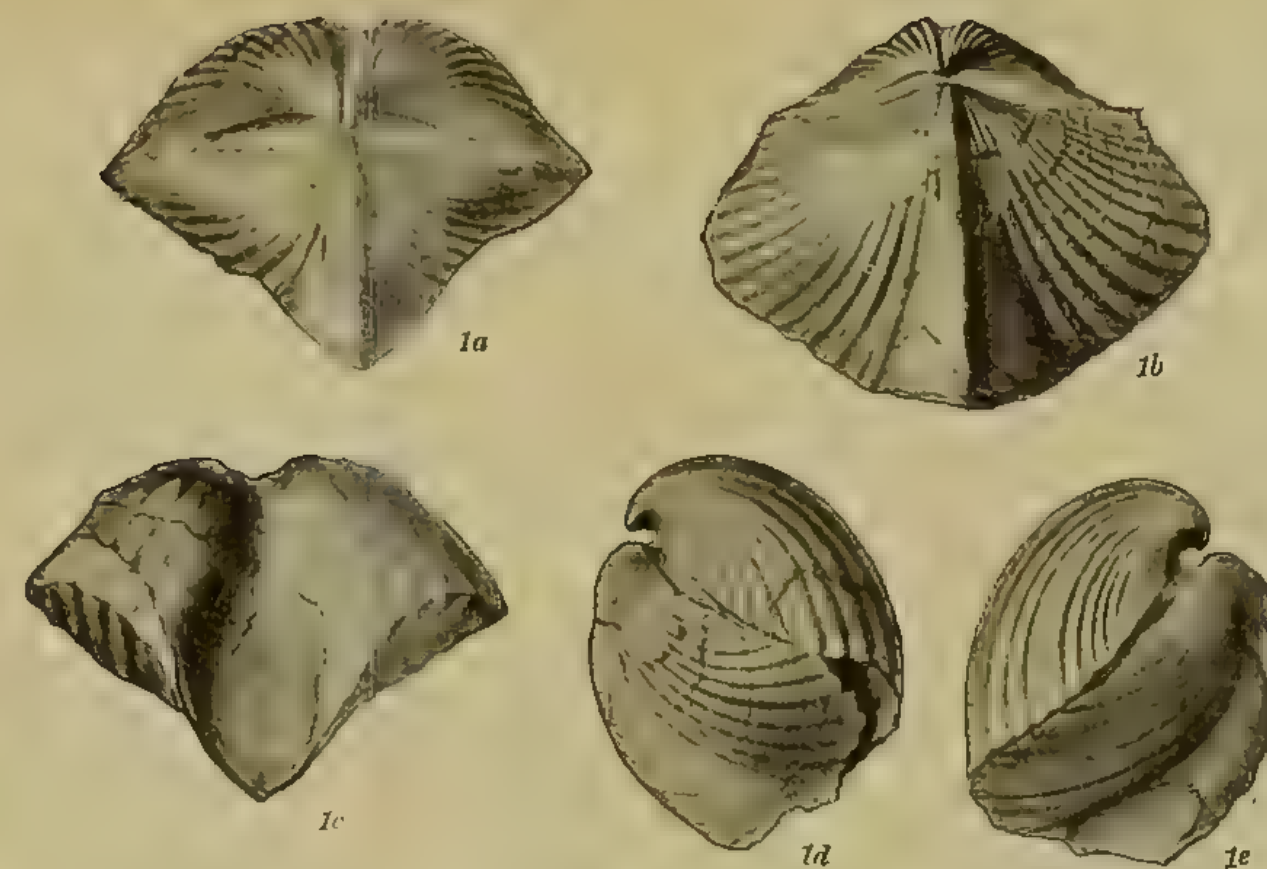


II. Figures du *Sp. acuminatus*, du Calcaire cornifère (Upper Helderberg group) des États-Unis d'Amérique. — J. HALL, 1861-66.

SPÉCIMENS DE L'ÉTRANGER

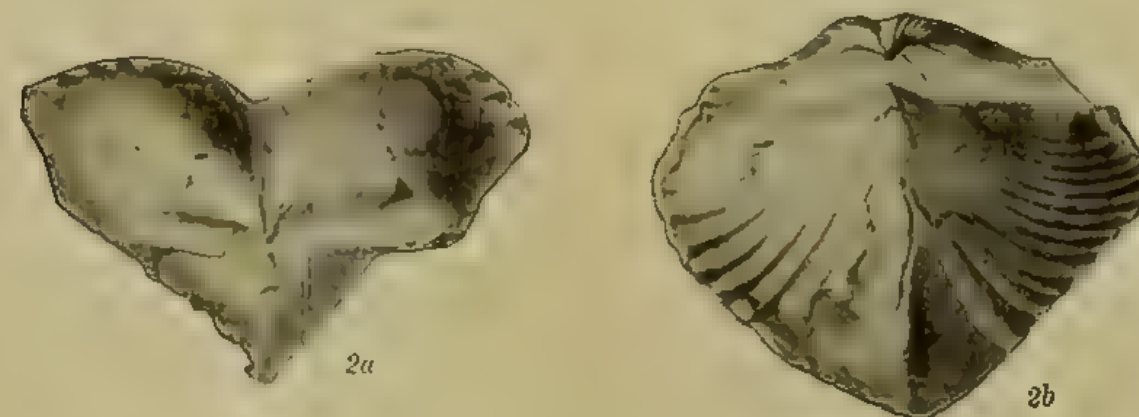


V. Figures du *Sp. auriculatus*, Grauwacke du Nassau. — G. et F. SANDDERGER, 1850-1856.



Figs. 1a-e. BURNOTIEN. — Loc. Petigny.

Feuille de Couvin, n° 8711.



Figs. 2a-e. BURNOTIEN. — Loc. Petigny.

Feuille de Couvin, n° 8711.

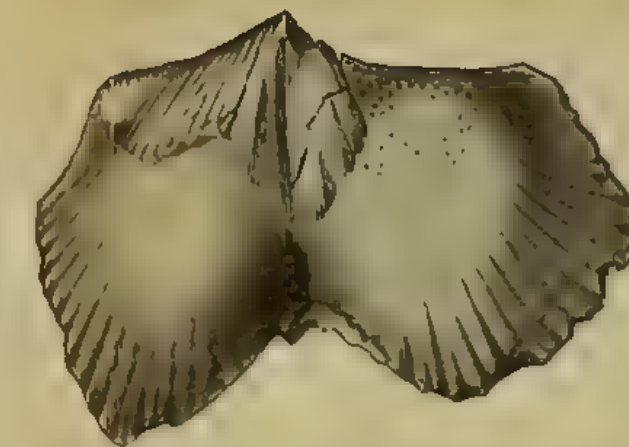


Fig. 3. BURNOTIEN. — Feuille de Couvin, n° 8711.

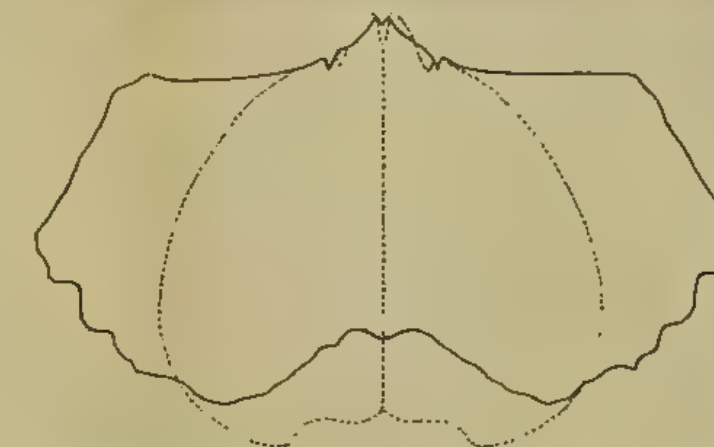
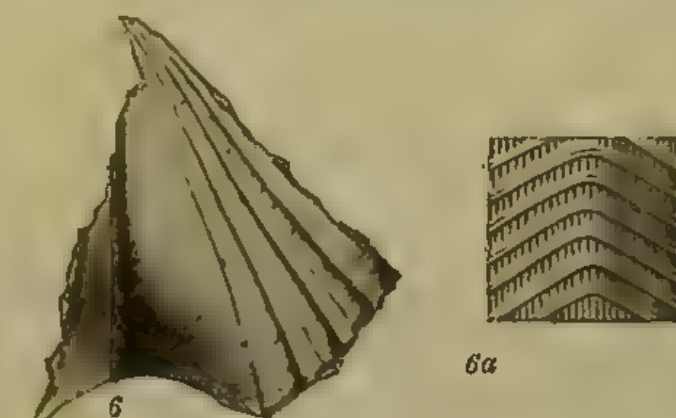


Fig. 4. — Contours superposés d'un moule de la forme *auriculatus* et d'un moule de la forme *cultrijugatus*, pour montrer les limites de variation.



Fig. 5. BURNOTIEN. — Feuille de Couvin, n° 8711.

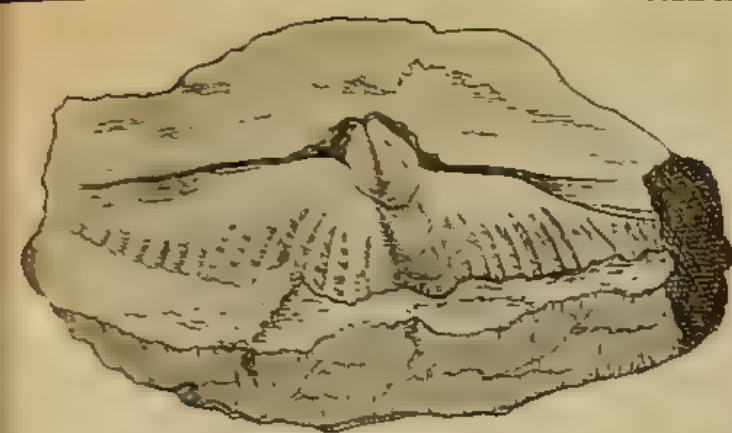


Figs. 6, 6a. BURNOTIEN. — Feuille de Treignes, n° 8370.

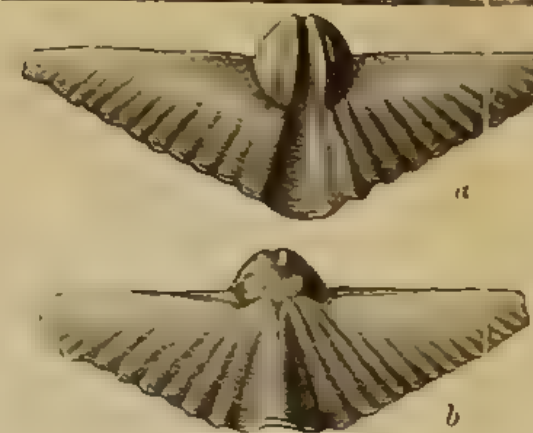
SPÉCIMENS BELGES DES COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL DE BRUXELLES

V. LEPEVRE, AD. MAT. DEL.

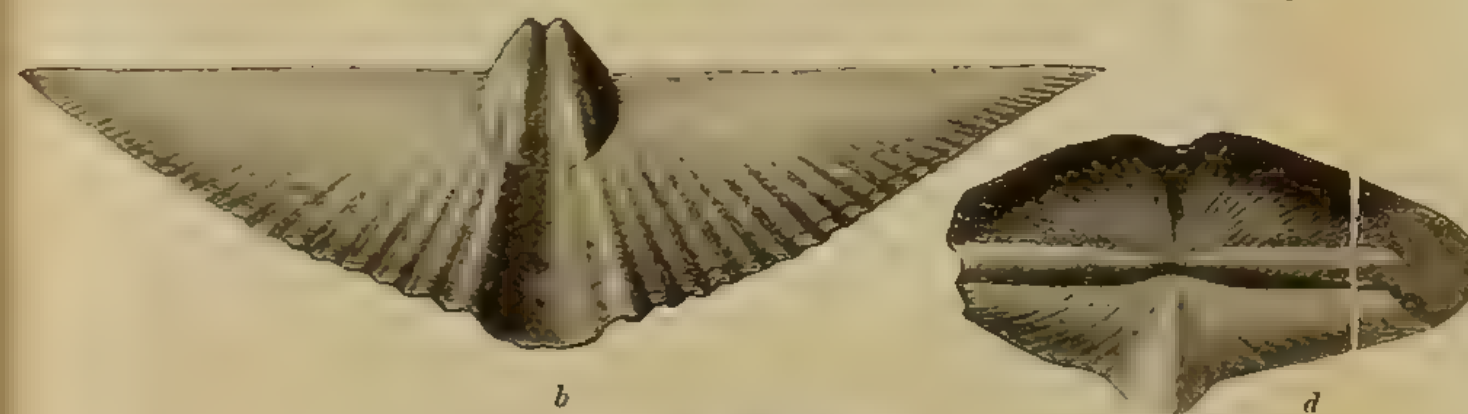
BRUXELLES. — IMPR. POLLEUMIS ET CEUTRICK.



I. Figure du *Sp. paradoxus*,
de la Grauwacke du Rammelsberg. — SCHLOTHEIM, 1813.
TYPE.



III. Figures attribuées au *Sp. arduennensis*,
de la Grauwacke de l'Eifel. — SCHNUR, 1853.



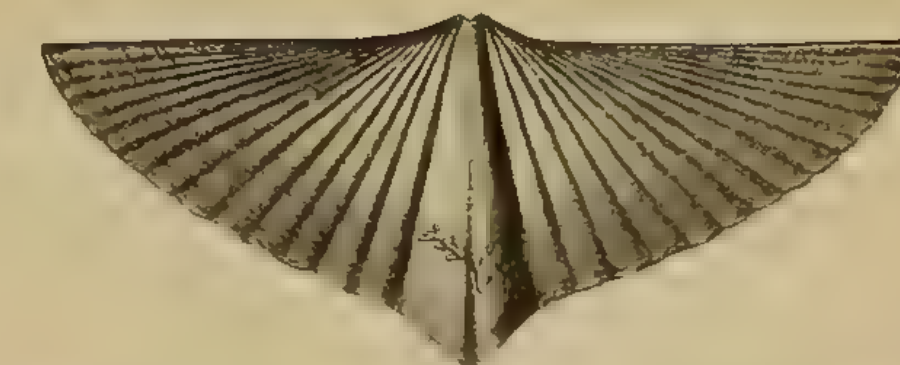
II. Figures du *Sp. paradoxus*,
de la Grauwacke de l'Eifel. — SCHNUR, 1853.



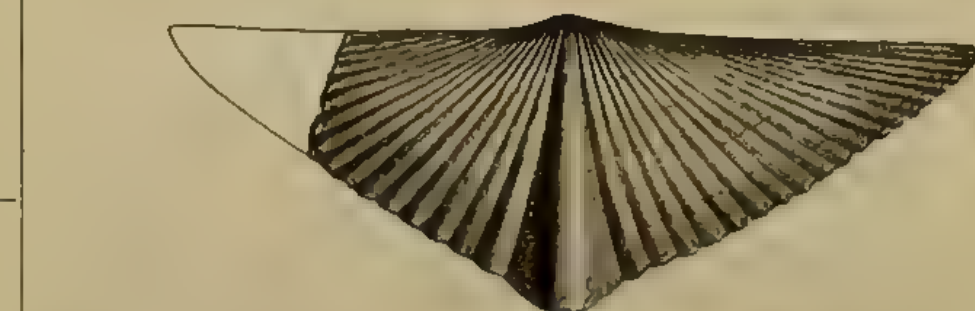
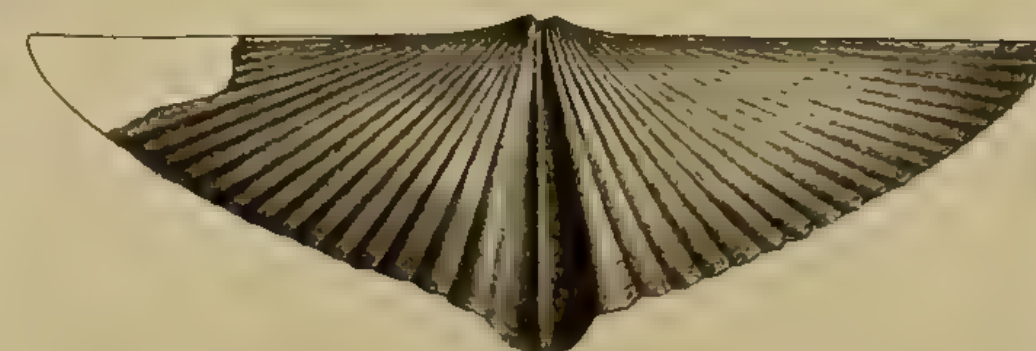
IV. Figure du *Sp. macropterus*,
de la Grauwacke de Daleiden. — C.-F. ROEMER, 1844.



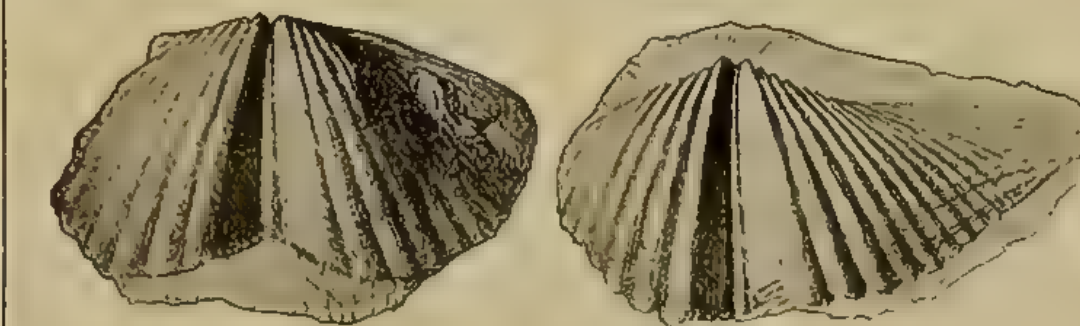
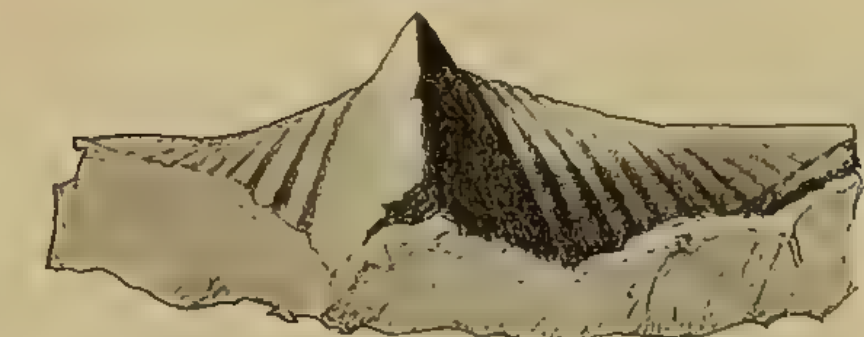
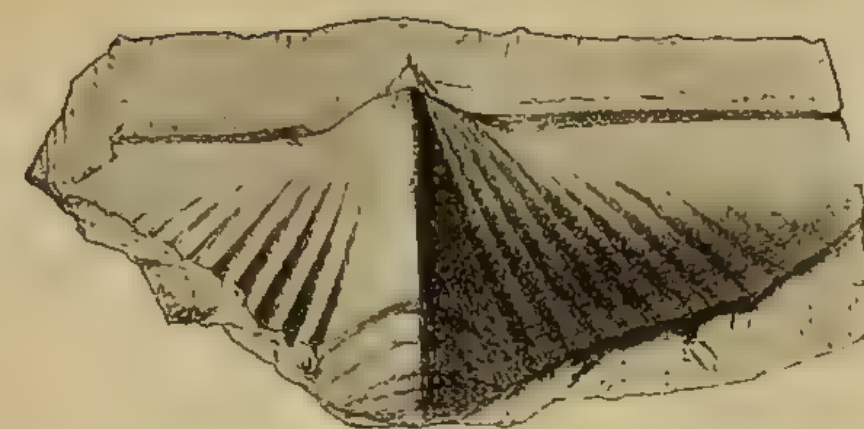
V. Figure attribuée au *Sp. dunensis*. — KAYSER, 1891 (aux 2/3).



VI. Figures du *Sp. pellico*,
du Devonien inférieur de Ferrones (Asturies). — DE VERNEUIL, 1845.



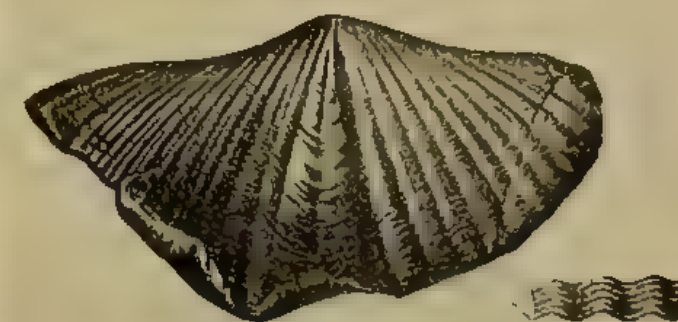
VII. Figures du *Sp. paradoxus*, var. *Hercyniae*,
du Calcaire d'Erbray. — BARROIS, 1888.



VIII. Figures du *Sp. dunensis*,
du Coblenzien inférieur de l'Eifel. — KAYSER, 1889.



IX. Figure du
Sp. Hercyniae,
du Silurien (Hercynien)
du Harz. — GIEBEL, 1858.



X. Figure du *Sp. phalæna*,
du Devonien inférieur du Nassau. —
F. SANDBERGER, 1889.

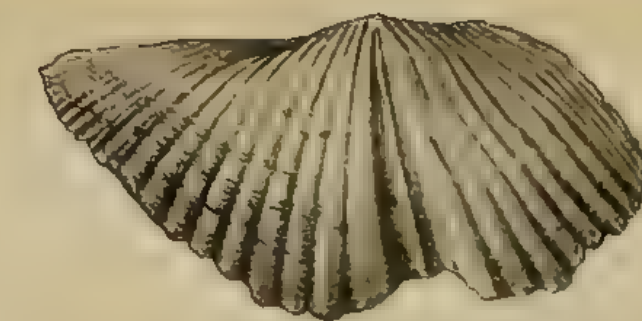
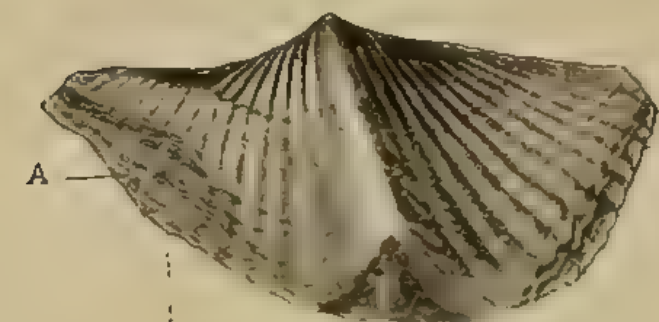


Fig. 1. AHRIEN. — Feuille de Grupont, n° 8542^{bis}.



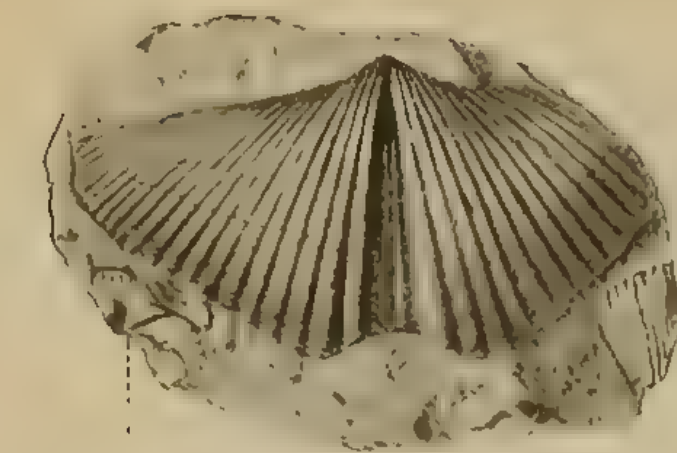
Figs. 2, 2a. AHRIEN. — Feuille de Grupont, n° 8542^{bis}.



Figs. 3, 3a. AHRIEN. — Feuille de Grupont, n° 8542^{bis}.



Fig. 4. BURNOTIEN. — Feuille de Grupont, n° 8669.



Figs. 5, 5a. BURNOTIEN. — Feuille de Couvin, n° 8361.

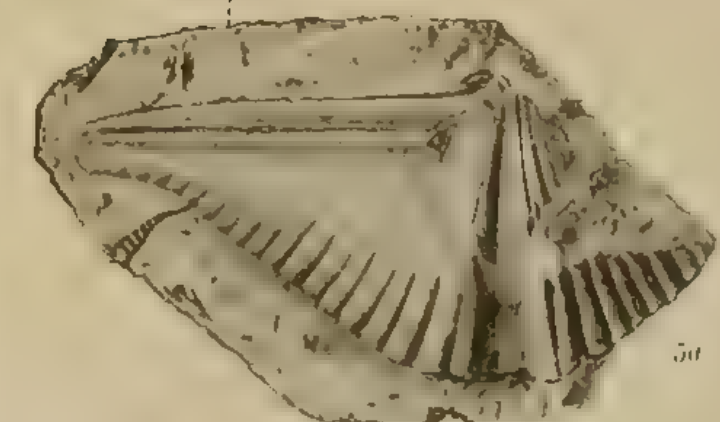


Fig. 6. BURNOTIEN. — Feuille de Vencimont, n° 7198.



Fig. 7. AHRIEN. — Feuille de Grupont, n° 8442^{bis}.

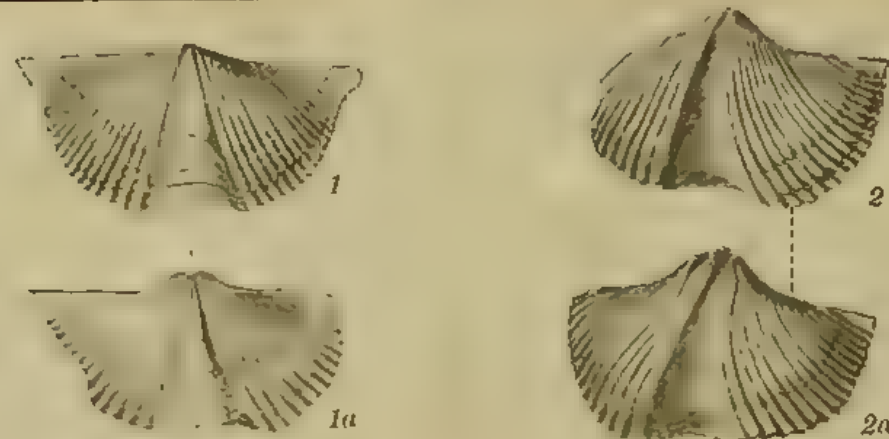
SPÉCIMENS DE L'ÉTRANGER

SPÉCIMENS BELGES DES COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL
DE BRUXELLES

V. LEBEVRE AD. NAT. DEL.

L. GIBELLS. — IMP. POLLEUNIS ET CRUTCHICK.

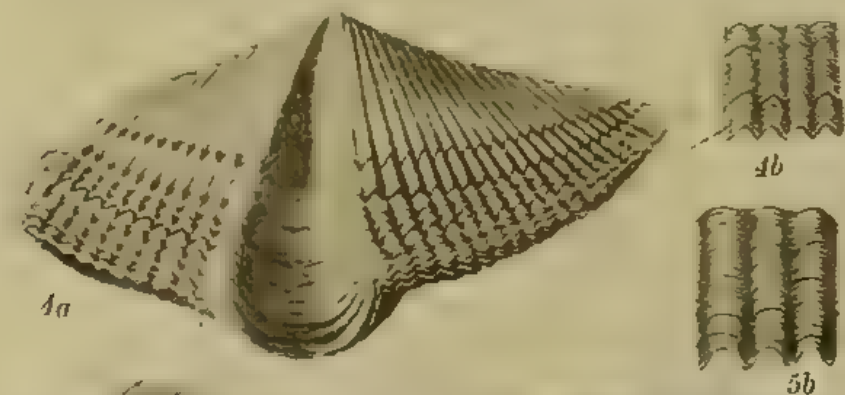


I. Moule de *Sp. subcuspidatus*. — SCHNUR, 1853.Figs. 1, 1a. AHRIEN. — Feuille de Grupont, n° 8512^m.

Figs. 2, 2a. BURNOTIEN. — Feuille de Rochefort, n° 8650.

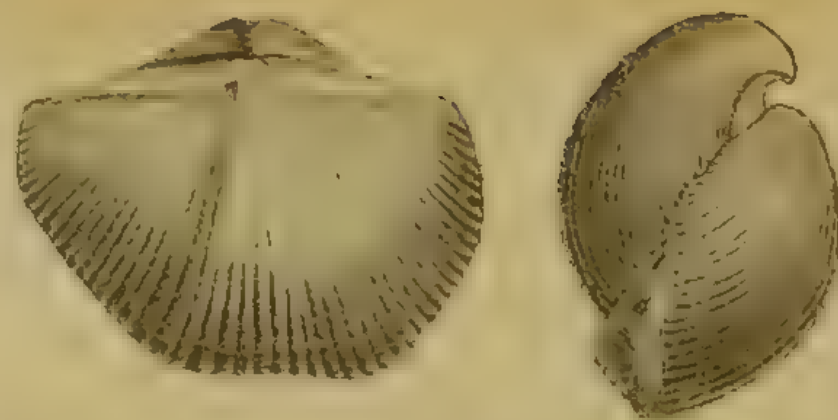
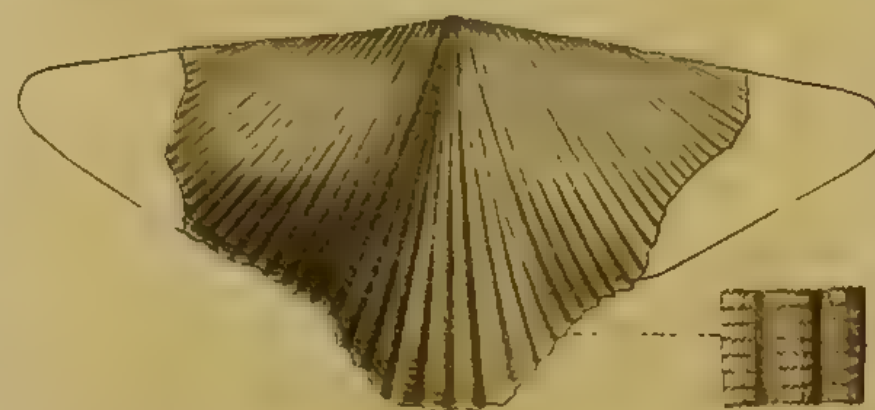
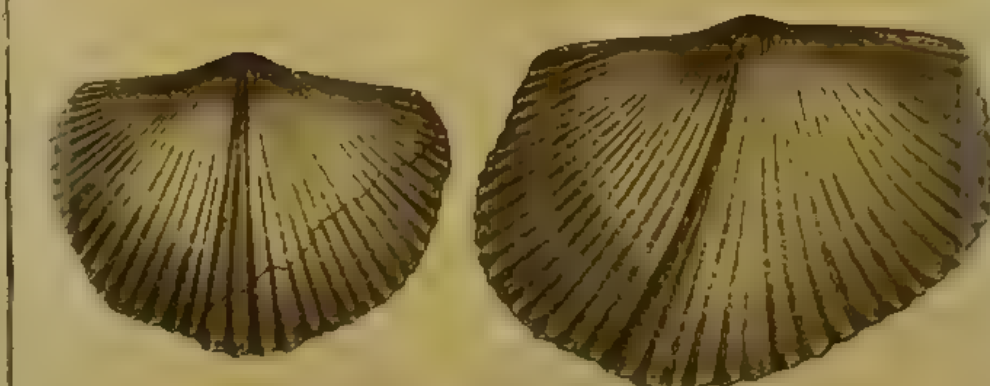
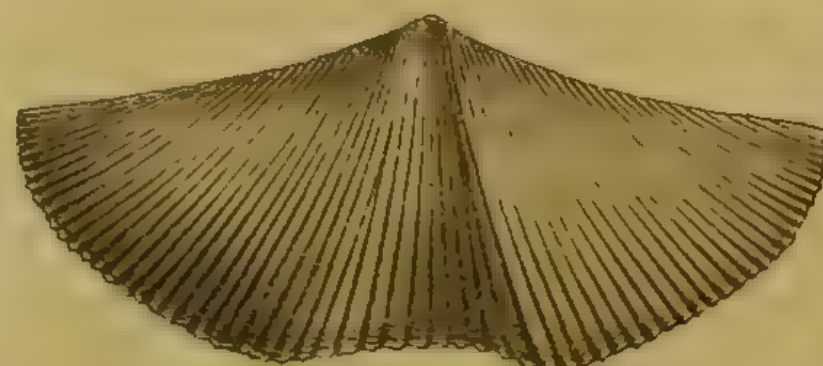


Figs 3, 3a, 3b BURNOTIEN. — Feuille de Rochefort, n° 8666

Figs. 4, 4a, 4b. BURNOTIEN. — Feuille de Grupont, n° 8700.
— 5, 5a, 5b. BURNOTIEN. — Feuille de Rochefort, n° 8679.

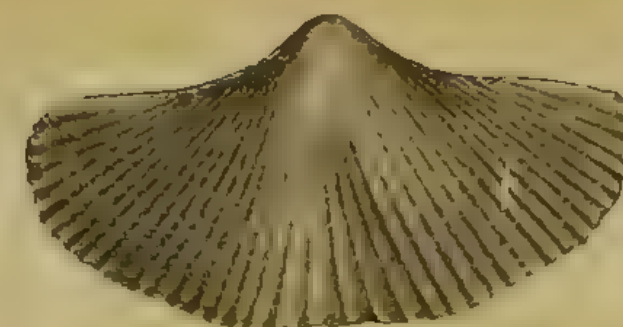
Figs. 6, 6a. BURNOTIEN. — Feuille de Rochefort, n° 8666.

SPIRIFER SUBCUSPIDATUS, Schnur.

I. Figures du *Sp. Trigeri*,
du Devonien inférieur de l'Asie Mineure. — DE VERNEUIL, 1866-69.
TYPE.II. Figures du *Sp. Trigeri*,
du Devonien inférieur des Asturies. — BARROIS, 1882.III. Figures du *Sp. Trigeri*,
du Calcaire d'Erbray. — BARROIS, 1889.

SPÉCIMENS DE L'ÉTRANGER

SIMILITRAVURE HALVAUX, BRUXELLES

IV. Figure du *Sp. Bischoffi*,
du Silurien (Hercynien) du Harz. — GIEDEL, 1858.Fig. 1. HUNSRUCKIEN. — Feuille de Grupont,
n° 8698.

3

Fig. 2. HUNSRUCKIEN. — Feuille de Grupont,
n° 8698.

3a

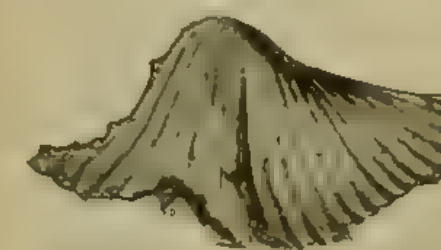
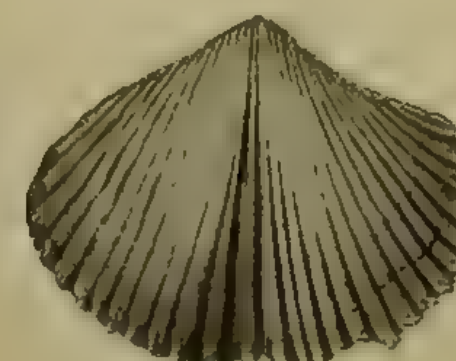
Fig. 3. HUNSRUCKIEN. — Feuille de
Couvin, n° 8723.

Fig. 4. HUNSRUCK. — F. Couvin, 8723.



5a

Fig. 5. HUNSRUCK. — F. Couvin, 8723.



6



6a

Fig. 6, 6a. AHRIEN. — Feuille de Mormont, n° 8565

SPÉCIMENS BELGES DES COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL
DE BRUXELLES

V. LEFFEBVRE, AD. NAT. DEL.

SPIRIFER TRIGERI, de Verneuil.

BRUXELLES. — IMPR. POLLEUNIS ET CHUTERICK.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

—
ANNÉE 1895

TOME IX

—
PRIX : 20 FRANCS
—

BRUXELLES

POLLEUNIS ET CEUTERICK, IMPRIMEURS

37, RUE DES ORFÈVRES, 37

—
1895-1896



Tome IX

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE

DE

GÉOLOGIE

DE

PALÉONTOLOGIE

ET

D'HYDROLOGIE

Bruxelles

20 frs

1895

$\frac{3}{10}$ D.R. Buz.

